



Sveučilište u Zagrebu

Filozofski fakultet

Iva Bašić

**AKUSTIČKA ANALIZA  
OPĆEPRIHVAĆENOGA HRVATSKOGA I  
SRPSKOG GOVORA – FORMANTSKA  
ANALIZA I MJERE FUNDAMENTALNE  
FREKVENCije**

DOKTORSKI RAD

Zagreb, 2018.



Sveučilište u Zagrebu

Filozofski fakultet

Iva Bašić

**AKUSTIČKA ANALIZA  
OPĆEPRIHVAĆENOGA HRVATSKOGA I  
SRPSKOG GOVORA – FORMANTSKA  
ANALIZA I MJERE FUNDAMENTALNE  
FREKVENCije**

DOKTORSKI RAD

Mentorica: prof. dr. sc. Gordana Varošaneć-Škarić

Zagreb, 2018.



University of Zagreb

Faculty of Humanities and Social Sciences

Iva Bašić

**ACOUSTIC ANALYSIS OF CROATIAN  
AND SERBIAN RP PRONUNCIATION –  
FORMANT ANALYSIS AND  
FUNDAMENTAL FREQUENCY  
MEASUREMENTS**

DOCTORAL THESIS

Supervisor: Prof. Gordana Varošanec-Škarić, PhD

Zagreb, 2018.

*Ovaj rad posvećujem svojim roditeljima, koji su mi svojim djelima, ljubavlju i riječima podrške uvijek znali pokazati pravi put kojim se rjeđe ide. Sretna sam i zahvalna na svim savjetima koji su me doveli do toga da radim ono što volim, ali i na kritikama koje su me učinile boljom osobom.*

---

## O mentorici

Prof. dr. sc. Gordana Varošaneć-Škarić rođena je 7. ožujka 1959. godine u Gospiću. Osnovnu školu i gimnaziju općega smjera završila je u Zagrebu. Diplomirala je dramaturgiju na Akademiji za kazalište, film i televiziju u Zagrebu 1984. godine te komparativnu književnost i fonetiku, 1986. g. na Filozofskom fakultetu u Zagrebu. Magistrirala je na smjeru komunikologije na zajedničkom Poslijediplomskom studiju informacijskih znanosti Sveučilišta u Zagrebu 1993. godine u Varaždinu. Doktorirala je na Filozofskom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu 1998. godine, disertacijom iz područja humanističkih znanosti, znanstveno polje jezikoslovlje, pod naslovom *Zvučne osobine ugode glasa*.

Na katedri za estetsku fonetiku i ortoepiju hrvatskog jezika predaje brojne predmete: *Ortofoniju, Scenski govor, Govor masovnih medija, Metodiku rada na govoru u elektroničkim medijima, Metodiku fonetske njege glasa i izgovora* te *Govorništvo*. Na Doktorskom studiju lingvistike predaje obvezni predmet *Retorika znanosti*, a na DOS-u informacijskih znanosti predavala je *Govor masovnih medija* i *Neverbalnu komunikaciju*.

Do sada je objavila dvije znanstvene knjige relevantne za područje fonetike (*Timbar*, 2005. i *Fonetska njega glasa i izgovora*, 2010), urednica je dviju knjiga - zbornika radova, šest zbornika sažetaka skupova s međunarodnim sudjelovanjem te s međunarodnih konferencija. Autorica je 60-ak znanstvenih i stručnih radova, sudjelovala je na preko 40 znanstvenih konferencija. Do sada je održala četiri plenarna predavanja na međunarodnim skupovima.

Samostalno je vodila osam znanstvenih projekata (*Fonetska procjena glasa, Forenzična fonetika: slušno prepoznavanje i zvučna analiza glasova* te šest kratkoročnih potpora Sveučilišta u Zagrebu). Dobitnica je godišnje nagrade za znanstvenu izvrsnost 2011. godine Filozofskog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Bila je pročelnica Odsjeka za fonetiku (2000.-2002.) te voditeljica Odjela za fonetiku HFD-a u dva mandata (2001. - 2009.). Članica je Hrvatskoga filološkog društva (od 1991.) i više međunarodnih znanstveno-stručnih organizacija (IPA, IAFPA itd.). Bila je članica Fakultetskoga vijeća u više mandata, Matičnoga odbora za polje filologija (2013. - 2017.) te niza stručnih i upravnih tijela Odsjeka i Fakulteta. Od 2007. godine predstojnica je Katedre za estetsku fonetiku, a od 2016. izvanjska je članica Znanstvenoga Vijeća za obrazovanje i školstvo HAZU. U travnju 2017. godine izabrana je za članicu Područnog znanstvenog vijeća za humanističke znanosti i Nacionalnoga vijeća za područje jezikoslovlja.

## Zahvale

Iznimnu zahvalnost dugujem svojoj mentorici prof. dr. sc. Gordani Varošaneć-Škarić, koja je uvelike doprinijela izradi ovoga doktorskog rada te mome profesionalnome razvoju. U radu kroz ove godine usmjeravala me prema cilju i motivirala za kreativan i samostalan istraživački rad. U svakome trenutku bila je spremna pružiti stručan savjet i ukazati na previde i pogreške koje je smatrala dijelom moga rasta.

Veliku zahvalnost osjećam i prema svim govornicima koji su pristali na snimanje i sudjelovali u ovome istraživanju, bez kojih ovaj rad ne bi bio moguć. Također, zahvaljujem profesorima i kolegama s Odsjeka koji su mi svojim stručnim savjetima i toplim riječima olakšali i skratili ovaj put, posebice Gabrijeli Kišiček. Zahvale dugujem i kolegama Ivanu Tomiću, Nini Sudimac te Jordanu Bićaniću, koji su mi pripomogli u statističkoj obradi rezultata i prikupljanju relevantne literature.

Najveću zahvalnost osjećam prema svojim roditeljima Jeli i Anti Paviću, koji su me podupirali i bili mi oslonac u svakome djeliću moga privatnog i poslovnog života. Snažnu podršku, lijepu riječ, razumijevanje i zagrljaj svakodnevno su mi pružali suprug Filip i kći Nika, s kojima sam u završnim fazama pisanja doktorske disertacije provodila manje vremena nego što sam htjela. Hvala sestri Ani i njezinoj obitelji, koji su uvijek doprinosili boljem raspoloženju i optimizmu u radu. Hvala svim prijateljima, ponajviše Zdravki, Aniti, Tajani, Daši i Matei, koji su vjerovali u mene i pomagali mi u ostvarenju ovoga cilja.

Iva Bašić,

Zagreb, 2018.

Ova doktorska disertacija izrađena je u okviru projekta Ministarstva znanosti, obrazovanja i športa *Forenzična fonetika: slušno prepoznavanje i zvučna analiza govora* (br. 130-0000000-0786) te dviju kratkoročnih potpora Sveučilišta u Zagrebu: *Forenzička fonetika<sub>2</sub>: standardiziranje zvučnih postupaka* te *Forenzička fonetika<sub>3</sub>: Mjere fundamentalne frekvencije ( $f_0$ ) muških govornika*, pod voditeljstvom prof. dr. sc. Gordane Varošaneć-Škarić.

## SAŽETAK

Osnovni je cilj ovoga istraživanja utvrditi referentne formantske frekvencije (F1-F3) na ukupno 162 izvorna govornika hrvatskoga i srpskoga jezika. U radu su akustički ispitane spolne i jezične razlike. Kontrastivnom analizom utvrđene su razlike u izgovoru svih vokala. Rezultati su također pokazali da različito fonetsko okruženje utječe na vrijednosti formanata čak i u središnjem dijelu vokala. Spolne razlike među govornicima obaju jezika utvrđene su u svim analiziranim parametrima. Također, pokazalo se da je najsnažniji pokazatelj spolnih razlika među govornicima hrvatskoga jezika F1 i  $D_f$  mjera, dok je u srpskome jeziku najveću razlikovnost pokazao F1. U oba jezika utvrđena je veća akustička raspršenost kod žena. Formantska disperzija pokazala se i kao dobar parametar jezične razlikovnosti.

Analizom fundamentalne frekvencije utvrđene su spolne i jezične razlike među govornicima. Muški govornici obaju jezika imaju značajno nižu prosječnu  $F_0$  u odnosu na žene, kao i govornici hrvatskoga jezika u odnosu na govornike srpskoga. U obama jezicima pokazalo se da žene značajno više variraju u  $F_0$  nego muškarci. Ispitivanjem korelacije između formanata i  $F_0$  te između formanata samih utvrđene su korelacije  $F_0$  te F2 i F3 u hrvatskome jeziku, dok su u srpskome značajne korelacije potvrđene samo kod žena. Ukupno gledano, najveći je broj korelacija zabilježen kod žena i između formanata samih.

Ovim se radom nastojalo pridonijeti fonetici hrvatskoga jezika, oblikovati referentni okvir za procjenu formanata osumnjičenika u forenzičkim slučajevima te okvir za opis vokalske raznolikosti regionalnih varijeteta hrvatskoga jezika. Sociofonetski aspekt ovoga istraživanja ogleda se u usporedbi različitih mjera formanata te fundamentalne frekvencije, između govornika različitoga spola te jezika.

**Ključne riječi:** forenzička fonetika, sociofonetika, hrvatski jezik, srpski jezik, vokali, akustička analiza, formantske frekvencije, formantska disperzija, fundamentalna frekvencija.

## SUMMARY

The subject of this study is on the one hand motivated by the need for the necessary acoustic description of the vowel system of Croatian, and on the other hand by the recent research methods in forensic phonetics. Formant analysis is the main component of most forensic phonetic cases. Physiological features of the speaker, their sociolinguistic background and idiosyncratic phonetic behaviour, are reflected in formant frequencies. That is the reason why formant analysis is applied in different scientific fields: articulatory, acoustic and forensic phonetics, sociophonetics, sociolinguistics, etc.

The primary aim of this research is to determine the reference formant frequencies (F1-F3) of the vowel system of the Croatian and Serbian languages. For the purposes of this research, 184 native speakers were recorded. After the verification process, 162 speakers were selected from the corpora. Both languages were represented by an equal number of speakers ( $N_{\text{CRO}}=81$  and  $N_{\text{SER}}=81$ ), with a remotely larger number of male compared to female voices ( $N_{\text{F}}=70$  and  $N_{\text{M}}=92$ ). Ladefoged (2003) recommended that corpora in sociolinguistic and sociophonetic research should include speakers of both sexes, due to the differences in coexistent phonology, phonetics etc., which is confirmed in the majority of world languages. Speakers recorded for this dissertation were chosen according to five criteria: speech status, place of birth and an extended stay, place of birth of their parents, level of education, and birth year.

The recordings were carried out in very similar conditions: in rooms with reduced noise level or in studio conditions. All speakers were recorded by the same recording schedule, and were given the same instructions. Vermeulen and Cambier-Langveld (2017) noted that the same speech style (reading, spontaneous speech, etc.) is optimal for speaker comparison in forensic phonetics. For the purposes of this research, speakers were instructed to read a list of 50 shorter sentences in which target words were placed in the final positions. Each vowel was represented through 10 two-syllable words with a different phonetic environment. Formant frequencies (F1-F3) were estimated from the central stable part of the accented vowel of the target word, with the help of the Praat program (Boersma & Weenik, 2015).

In some vowels ([u], [o] and [i]), and more often within female voices, formants tended to overlap. This spectral integration was noticed in both languages, and in these samples all results were subsequently acoustically and perceptively checked and corrected. The fundamental frequency was also evaluated in the central part of the accented vowel. Very low



frequencies, which were the result of the glottal fry, have been excluded from the results. Glottalization was more often recorded within men voices, which is in sociophonetics interpreted as a possible social marker of highlighting their own masculinity.

The programs MATLAB (MathWorks Inc., 2015) and JASP (JASP Team, 2018) were used for the statistical analysis of the collected data. Descriptive statistics consisted of determining average, median, minimum, and maximum values of formants and  $F_0$ . For the purposes of this research, the frequency ranges of  $F_0$  were also calculated. They were determined by specifying the average minimum and maximum values of the fundamental frequencies for each speaker individually. The results were then processed by factors of different sex and language.

Further analyses were conducted using frequency values of formants ( $F_1$ - $F_3$ ) and the fundamental frequencies. For the purpose of testing the significant differences in average absolute deviation of these, acoustic parameters (as dependent variables) have been calculated. The average absolute deviation has been selected as a more stable measure for the dispersion of measured results (compared to the standard deviation, or variance analysis), given the increasing number of measurements. In this way, the measured dispersions of results have been compared amongst different vowels, sexes, and languages. Different parametric tests have been used for the comparison of differences between the various groups of speakers (of diverse sex and/or language). Correlation coefficients have been calculated between formant frequency values and the fundamental frequency, and also between formants themselves. Correlation coefficients have been calculated using Pearson formulas for estimating connectedness.

The study examined sex and language differences among analysed speakers in several acoustic parameters (formant values, formant dispersion, and fundamental frequency). Furthermore, it questioned if there are some acoustic differences in the variability of vowel systems according to the factors of sex and language. Since it is generally known that coarticulation has the strongest impact in the trajectory areas of vowels, this study questioned whether a different phonetic environment has an impact on the formant values in the central part of the accented vocals. Given that some authors emphasize that it is more useful to interpret the relations among formants than the average values for each formant separately (Chistovich & Lublinskaya, 1979; Chistovich, 1985; Hayward, 2000; Harrington, 2013), in

this research differences in formant relations between speakers of different sexes were analysed, as well as differences among speakers of different languages.

This study presumed that the majority of male speakers would have lower frequency values of the formants, fundamental frequency, and measure of formant dispersion, compared to those of female speakers. Considering the fact that some studies showed that coarticulation influence is the strongest around vowel [a] due to its lowest articulation stability (Stevens & House, 1963), and that in sociophonetical research of Croatian (Škarić, 2009; Kišiček, 2012) the same vowel was described as the most distinctive vowel in Croatian, the investigation was also directed towards the variability of formant frequencies in different vowels. Since the pilot research of Varošaneć-Škarić, Bašić and Kišiček (2016) has shown that vowel [a] was more open, vowels [i] and [e] were more front, vowels [i] and [u] more closed, and vowel [u] more back in Croatian than in Serbian, in the present study the vowel systems of the analysed languages have been acoustically described and compared.

Furthermore, it was expected that overall average values of the fundamental frequency would be lower for Croatian speakers of both gender groups compared to the results in previous studies (Škarić, 1998; Jovičić, 1999; Biočina, Varošaneć-Škarić & Kišiček, 2017). Also, this study determined the frequency ranges of the fundamental frequency for speakers of both languages, as well as for both gender groups. Correlations of formants and the fundamental frequency, as well as correlations between the formants themselves have been examined.

Results of the formant analysis have shown that both genders in both languages have the lowest average values of the first formant while pronouncing the front vowel [i], and the highest F1 values for the central vowel [a]. The lowest average values of the second formant have been found for the back vowel [u] and the highest for [i]. The third formant had the highest average values for vowel [i], whereas [o] had the lowest. Considering that previous research of similar subject matter in the Croatian language and this research was conducted with substantial methodological differences (in the number of speakers, pooling results of speakers of different sexes, deficient speech material, different speaking style, etc.), average values of formants were compared descriptively – without statistics, which in that case would be unjustified. Results of the average reference values for Croatian were closest to the results from the study by Varošaneć-Škarić and Bašić (2015), and for Serbian; they were closest to the results from Marković and Bjelaković (2009), as well as from Varošaneć-Škarić et al. (2016). An overview of recent studies on formant analysis in the Croatian and Serbian

languages has shown that there is a greater discrepancy in the formant values for Serbian – as stated by different authors - than it is for Croatian.

In addition, this study includes an acoustic contrastive analysis in order to describe the vowel systems of the Croatian and Serbian languages. The importance of the differences was also statistically analysed. The results have shown that vowel [a] is placed further back in both genders for Croatian speakers, where a significant difference was found for the first and third formant. The front vowel [e] has shown itself as more front and it was observed that it is pronounced with less open lips than in Serbian (statically significant only among women). Between female speakers of the Croatian and Serbian languages there is also a difference in the pronunciation of the vowel [e], which is somewhat more closed in Croatian (yet it has no statistical significance). Vowel [i] is also more closed in Croatian (statistical significance determined only among men), while in terms of the feature front/back, one can say that the results are sexually dimorphic: male speakers tend to have higher values for the second formant which indicates more front pronunciation, while female speakers, on the other hand, pronounce it more to the back when compared to Serbian speakers.

According to the results from the conducted analyses, back vowels [o] and [u] are more closed (and back) in Croatian, and the vowel [o] is significantly more closed only in women. Statistical significance for vowel [u] has been observed among all formants for both sexes, which brings us to the conclusion that [u] is more closed and further back in Croatian and that it is articulated with more rounded lips.

After determining the average formant values in both analysed languages, the next step was to compare the variability of different formant frequencies between all vowels within both genders and languages separately. It was observed that F1 has the lowest value variability across the vowels, while it is somewhat higher for F2, and the highest for F3. If we look at the results across different vowels, the highest variability of the first formant was observed in vowel [a] in both gender groups. This was indicated on the one hand by the results from sociophonetic studies in Croatian (Škarić, 1991; Varošanec-Škarić, 2010), according to which the vowel [a] is the most distinctive vowel of the Croatian vowel system, and on the other hand by the results from studies according to which the coarticulation influence is strongest for the vowel [a], due to its lowest articulatory stability (Stevens & House, 1963).

In the Croatian language, the biggest dispersion of the second formant was determined among men during the pronunciation of vowel [o], and among women during the pronunciation of

the front vowel [i]. The third formant varies the most in the back vowel [u] in male speakers, and in [i] for women. In the Serbian language, the greatest dispersion of F1 in women was observed for the front vowel [e], while the back vowels [o] and [u] showed the same values of dispersion among the male population. The second formant had the highest variability in both sexes of Serbian speakers during the pronunciation of the front vowel [e], while for F3 the same was observed in the pronunciation of the back vowel [o].

Based on the comparison of average formant frequencies between different sexes in one language, and between speakers of the same sexes in both languages, several conclusions have been drawn. As expected, in both analysed languages female speakers had higher values of all analysed formants (F1-F3), compared to male speakers. By means of statistical analysis it has been confirmed that Croatian speakers of both sexes differ significantly in their average values: F1 is significant for all vowels, F2 for the majority (with the exception of central [a] and back vowel [u]), F3 also for the majority (except the back vowel [u]), as well as in values of formant dispersion ( $D_f$ ) in all vowels. Hence, it can be said that F1 and  $D_f$  are stronger acoustic parameters for sex differentiation in Croatian than parameters F2 and F3, which has already been ascertained by Torre III and Barlow (2009).

The results of the analysis in the Serbian language have also confirmed this pattern of gender distinction based on the values of F1. Namely, the results show that men and women differ with a statistical significance in their average values: F1 in nearly all vowels (with the exception of the back vowel [u]), F2 for fewer vowels (in [e] and [u]), and F3 for back vowels. Unexpectedly, the parameter of formant dispersion has been a very weak indicator of gender distinction in Serbian (no statistically significant difference has been found). Therefore, we can conclude that in the Serbian language the strongest factor for gender distinction is the first formant, while the second and third are equally weak indicators of gender differences.

The measure of formant dispersion ( $D_f$ ) was used to examine gender and language differences between the analysed speakers. The results show that the  $D_f$  values in the Croatian language are primarily higher among women, except for vowels [a] and [o]. Female Serbian speakers had higher  $D_f$  values in all vowels, compared to female speakers of Croatian. The statistical significance of variability of the analysed parameters (F1, F2, F3 and  $D_f$ ) was examined between male and female Croatian speakers and, subsequently, between speakers of different sex in the Serbian language. The results show that the difference in dispersion of formant

values in Croatian is statistically significantly higher in women for vowels [a], [e] and [i], while in men this is the case for back vowels. Therefore, we can say that acoustic dispersion of formant frequencies is higher for female speakers of the Croatian language, which reinforces equivalent results of studies in other languages (Gordon & Heath, 1998; Hanson & Chuang, 1999). For Serbian speakers, the variability of the first formant is significantly higher among female speakers in nearly all vowels (except [u]), whereas the variability of F2 was primarily higher among male speakers (in vowels [a], [i] and [o]).

Apart from examining sex differences, the aim of using the measure of formant dispersion was to analyse language differences between the speakers. The results have shown that  $D_f$  values are mainly higher for speakers of the Serbian language (vowels [a], [e] i [u]). The results showed that  $D_f$  values are mainly higher within speakers of Serbian (for vowels [a], [e] and [u]). Higher  $D_f$  values have been determined among speakers of Croatian in the front vowel [i], while in the back vowel [o] their values were very close. Female speakers of Croatian had lower  $D_f$  values in all vowels, compared to female speakers of Serbian. Since the same tendency has been confirmed in both groups of speakers, these findings suggest that differences in  $D_f$  values are caused by language differences, respectively by differences in the vowel systems of the analysed languages, which had reflected on formant values, as well as on  $D_f$  values. In this research, the results also showed lower variability of formant frequencies (F1-F3) among speakers of both sexes in Croatian, compared to speakers of Serbian (statistically significant for vowels [e] and [o] for male speakers, and for vowels [e], [i], [o] and [u] between female speakers of Croatian and Serbian).

Taking into consideration that the phonetic environment affects not only the trajectory part of the vowel, but also the formant frequencies in the stable part of the vowel, this research questioned coarticulation effects of different phonetic environments. The results showed that F1 values tend to fall in fricative and plosive phonetic environment. On the other hand, F2 values tend to rise in the same environment. An increase in F2 values is especially emphasized in the plosive environment in front vowels. Second formant showed higher values in the fricative environment in back vowels, which was confirmed in different languages (Stevens & House, 1963).

The second aim of this dissertation was to compare the different measures of the fundamental frequency, with the purpose of questioning sex and language differences between the Croatian and Serbian languages. The results of the acoustic analysis and statistical data processing

showed that the average  $F_0$  value for male speakers of Croatian is 118 Hz, and for female speakers 197 Hz. The highest average  $F_0$  values were calculated for the front vowel [i], and the lowest for the central vowel [a], which was confirmed for both sexes. In comparison to previous research, frequency values are very close, closest to the results of the most recent studies with similar methodology (Varošaneć-Škarić, 2010; Kišiček, 2012; Biočina et al., 2016; Varošaneć-Škarić et al., 2017). In the group of Serbian speakers, the average  $F_0$  for male speakers is 108 Hz, and 179 Hz for females. Comparing the fundamental frequency values between speakers of the same sex and different language has shown that speakers of Croatian (females and males) have significantly lower  $F_0$  values for every analysed vowel and generally at the level of all vowels ( $p < 0,001$ ).

Sex and language differences have also been analysed according to the range of the fundamental frequency. Descriptive statistics showed that male speakers of Croatian mainly have wider  $F_0$  range, with regard to women. Surprisingly, in Serbian the results were opposite. Comparing the frequency ranges of  $F_0$  between the speakers of Croatian and Serbian, results showed that male speakers of the Croatian language have a wider  $F_0$  range in vowels [a], [e] and [i]. In the group of male speakers of the Serbian language, results showed a wider range for back vowels ([u] and [o]). Female speakers of Croatian and Serbian also differed in  $F_0$  range. Speakers of Serbian have shown a wider range in vowels [a], [e] and [u], while in the remaining vowels female speakers of Croatian had a wider range.

Although frequency ranges are a frequently used parameter in phonetics, statistically speaking they are not a stable and reliable indicator of dispersion. Accordingly, significance of sex and language differences in  $F_0$  were tested with complex ANOVA and multiple paired t-tests. Descriptive statistics, ANOVA analysis, and t-tests suggest very diverse results. Namely, for all vowels it has been established that  $F_0$  is significantly more variable within the group of female speakers, than within male speakers. These results have been confirmed for both analysed languages, and were found in numerous sociolinguistic and sociophonetic studies for different languages. The findings of this study also indicate that there are no significant differences in  $F_0$  variability (except for vowel [e]) between speakers of the analysed languages (confirmed for both sexes).

Finally, this dissertation has questioned the correlations between the fundamental frequency and formants, as well as the correlations between formants themselves. These correlations were analysed within speakers of different languages and different sexes. Also, the

significance of the correlations themselves was analysed. In the group of Croatian speakers, results showed that there are statistically significant correlations between  $F_0$  and  $F_2$ , as well as between  $F_0$  and  $F_3$ . Surprisingly, correlations between  $F_0$  and the first formant have not been found. Taken together, these results suggest that there is a greater number of correlations between  $F_0$  and formants within the group of female speakers (for vowels [e], [i] and [o] between  $F_0$  and  $F_2$ , as well as for [u] between  $F_0$  and  $F_3$ ), than within the group of male speakers (for vowel [i] between  $F_0$  and  $F_2$ , as well as for [u] between  $F_0$  and  $F_3$ ). For both sexes in the group of Croatian speakers, the results showed a greater number of correlations between formants, than between formants and the fundamental frequency (in the group of male speakers for vowels [a] and [u] between  $F_1$  and  $F_2$ , for [e] between  $F_2$  and  $F_3$ , and in the group of female speakers for vowels [a], [o] and [u] between  $F_1$  and  $F_2$ , as well for [e] between  $F_2$  and  $F_3$ ).

Results also showed that there are statistically significant correlations between the fundamental frequency and formants, but only within female speakers of the Serbian language (between  $F_0$  and  $F_1$  and  $F_0$  and  $F_3$ ). Within both male and female speakers of Serbian, the results showed significant correlations between  $F_1$  and  $F_2$  for the front vowel [i] and back vowels [u] and [o]. In this dissertation, the significance of the correlation of  $F_2$  and  $F_3$  in pronunciation of the front vowel [i] was also confirmed. Numerous authors (Chistovich & Lublinskaya, 1979; Chistovich, 1985; Harrington, 2013, etc.) wrote about their role and the importance of their relations in the perception of vowel quality.

Broadly speaking, these tests revealed that there are less significant correlations among formants within speakers of Croatian, than within speakers of Serbian. Further analysis showed a greater number of significant correlations for the front vowel [i]. If we compare the ratio of significant correlations of  $F_1$ - $F_2$  and  $F_2$ - $F_3$  relations, the results show more statistically significant correlations between  $F_1$  and  $F_2$ .

In the end, it should once again be emphasized that this study sought to contribute to the phonetics of the Croatian language by determining the reference formant frequencies of the Croatian vowel system. The sociophonetic contribution of the research is reflected in the contrastive analysis of the Croatian and Serbian languages, which are laid down in certain acoustic differences between the analysed languages, as well as in a study of sexual dimorphism of some acoustic parameters. Also, it is expected that the reference formant frame will be useful for evaluations of suspects' pronunciation in real forensic cases.

In the future, it is expected that in the field of Croatian forensic phonetics, more complex acoustic analyses will be used, according to relevant and recent forensic research standards, which include different types of formant analysis. Moreover, it is assumed that this dissertation can contribute to the acoustic description of regional varieties of the Croatian language, which would be placed into the context of the Croatian RP.

**Key words:** forensic phonetics, sociophonetics, Croatian, Serbian, vowel system, acoustical analysis, formant frequencies, formant dispersion, fundamental frequency.



## SADRŽAJ

1. UVOD .....	1
1.1. Formanti.....	3
1.1.1. Model govorne proizvodnje – model izvora i filtra .....	3
1.1.2. Definicije formanata .....	4
1.1.3. Metode mjerenja formanata .....	6
1.1.3.1. Formantska disperzija ( $D_f$ ) .....	10
1.1.4. Poteškoće u mjerenju formanata .....	11
1.1.5. Tehničke karakteristike govornoga signala .....	14
1.2. Važnost vokala u forenzičkoj fonetici .....	19
1.2.1. Voiceprinting metoda.....	20
1.2.2. Analiziranje formantskih frekvencija u forenzičkoj fonetici .....	21
1.2.3. Referentne vrijednosti formanata.....	24
1.2.4. Mjera omjera vjerojatnosti .....	25
1.3. Odnos formanata i artikulacijskih pokreta.....	26
1.3.1. Prvi formant .....	28
1.3.2. Drugi formant.....	29
1.3.3. Treći formant .....	30
1.3.4. Koartikulacijski utjecaji .....	31
1.4. Odnos akustičkih i općih somatskih obilježja .....	32
1.4.1. Fundamentalna frekvencija .....	33
1.4.2. Korelacija između akustičkih i antropometrijskih parametara .....	37
1.4.3. Korelacija između akustičkih parametara i spola .....	38
1.5. Izgovor vokala u sociofonetici i sociolingvistici .....	39
1.5.1. Akustički parametri i dominantnost.....	41
1.5.2. Sociolingvistički pogled na spolne razlike u govornoj i jezičnoj upotrebi.....	42
2. LINGVISTIČKO ODREĐENJE HRVATSKOGA I SRPSKOGA JEZIKA .....	46
2.1. Isti ili različiti jezici?.....	46
2.2. Hrvatski i srpski jezik prije i nakon 90-ih godina .....	49
2.3. Pregled prijašnjih istraživanja o odnosu hrvatskoga i srpskoga jezika .....	54
2.4. Vokalski sustavi .....	55
2.4.1. Vokalski sustav hrvatskoga jezika.....	57
2.4.2. Tipovi hrvatskoga jezika .....	58

2.4.3. Vokalski sustav srpskoga jezika .....	60
3. PREGLED PRIJAŠNJIH FONETSKIH ISTRAŽIVANJA U HRVATSKOME I SRPSKOME JEZIKU .....	62
3.1. Istraživanja formantskih frekvencija u hrvatskome jeziku .....	62
3.2. Istraživanja formantskih frekvencija u srpskome jeziku .....	64
3.3. Istraživanja fundamentalne frekvencije u hrvatskome jeziku .....	68
3.4. Istraživanja fundamentalne frekvencije u srpskome jeziku .....	69
4. OSNOVNI CILJEVI I HIPOTEZE ISTRAŽIVANJA .....	70
5. METODOLOGIJA RADA .....	73
5.1. Ispitanici .....	73
5.2. Korpus istraživanja (govorni materijal) .....	75
5.3. Statistička obrada rezultata .....	79
5.4. Akustička analiza .....	80
5.4.1. Mjerenje formantskih frekvencija .....	80
5.4.2. Mjerenje fundamentalne frekvencije .....	82
6. REZULTATI I RASPRAVA .....	84
6.1. Rezultati formantske analize .....	84
6.1.1. Deskriptivne vrijednosti formantskih frekvencija kod muških govornika hrvatskoga jezika	84
6.1.2. Usporedba deskriptivnih mjera formantske analize kod muških govornika hrvatskoga jezika s prethodnim istraživanjima .....	88
6.1.3. Deskriptivne vrijednosti formantskih frekvencija kod ženskih govornika hrvatskoga jezika	92
6.1.4. Usporedba deskriptivnih mjera formantske analize kod ženskih govornika hrvatskoga jezika s prethodnim istraživanjima .....	94
6.1.5. Utjecaj različitoga fonetskoga okruženja na frekvencijske vrijednosti formanta u hrvatskome jeziku .....	99
6.1.5.1. Utjecaj fonetskoga okruženja na raspršenost vrijednosti prvih triju formanta u vokalima hrvatskoga jezika .....	103
6.1.6. Međuformantski odnosi - mjera formantske disperzije u hrvatskome jeziku .....	104
6.1.7. Akustička raspršenost vokalskih sustava kod muških i ženskih govornika hrvatskoga jezika	110
6.1.8. Deskriptivne vrijednosti formantskih frekvencija kod muških govornika srpskoga jezika	114
6.1.9. Usporedba deskriptivnih mjera formantske analize kod muških govornika srpskoga jezika s prethodnim istraživanjima .....	117

6.1.10.	Deskriptivne vrijednosti formantskih frekvencija kod ženskih govornika srpskoga jezika	120
6.1.11.	Usporedba deskriptivnih mjera formantske analize kod muških govornika srpskoga jezika s prethodnim istraživanjima .....	122
6.1.12.	Međuformantski odnosi – mjera formantske disperzije u srpskome jeziku .....	124
6.1.13.	Akustička raspršenost vokalskih sustava kod muških i ženskih govornika srpskoga jezika	130
6.1.14.	Akustička raspršenost vokalskih sustava kod govornika hrvatskoga i srpskoga jezika istoga spola .....	133
6.1.15.	Usporedba prosječnih vrijednosti formanta između govornika hrvatskoga i srpskoga jezika istoga spola .....	141
6.1.16.	Formantska disperzija između govornika istoga spola u hrvatskome i srpskome jeziku	146
6.2.	Rezultati analize fundamentalne frekvencije .....	149
6.2.1.	Prosječne vrijednosti fundamentalne frekvencije kod muških i ženskih govornika hrvatskoga jezika.....	149
6.2.2.	Deskriptivne vrijednosti fundamentalne frekvencije kod muških i ženskih govornika srpskoga jezika .....	154
6.2.3.	Značajnost razlike u prosječnim vrijednostima fundamentalne frekvencije u hrvatskome i srpskome jeziku .....	156
6.2.4.	Frekvencijski rasponi fundamentalne frekvencije kod muških i ženskih govornika hrvatskoga jezika.....	158
6.2.5.	Frekvencijski rasponi fundamentalne frekvencije kod muških i ženskih govornika srpskoga jezika .....	160
6.2.6.	Frekvencijski rasponi i varijabilitet fundamentalne frekvencije u hrvatskome i srpskome jeziku.....	162
6.2.7.	Varijabilnost fundamentalne frekvencije u vokalima hrvatskoga jezika.....	170
6.3.	Korelacija formantskih frekvencija i fundamentalne frekvencije u hrvatskome jeziku	171
6.4.	Korelacija formantskih frekvencija i fundamentalne frekvencije u srpskome jeziku .	180
7.	ZAKLJUČAK .....	187
	POPIS LITERATURE .....	193
	Znanstveni doprinos i buduća istraživanja .....	214
	POPIS SLIKA .....	215
	POPIS TABLICA.....	218
	PRILOZI.....	220
	ŽIVOTOPIS .....	268

POPIS JAVNO OBJAVLJENIH RADOVA .....	269
--------------------------------------	-----

## 1. UVOD

Govor je prema jednoj od jednostavnijih definicija, zasebna ljudska aktivnost (Škarić, 1991). Vrlo se često ističe njegova kompleksnost te neophodnost u svakodnevnome životu svakoga od nas, o čemu nam s jedne strane govore različite vrste govornih poremećaja i patoloških govornih stanja, a s druge strane zapanjujuća dinamika urednoga govorno-jezičnog razvoja kod djece. S obzirom na to da je temeljna funkcija govora komunikacija, Škarić (1991: 75) ga još definira i kao: „optimalnu zvučnu čovječju komunikaciju oblikovanu ritmom slogova, riječi i rečenica“.

Govor je također istovremeni izvor brojnih informacija koje se mogu svrstati u tri temeljne nadkategorije: sociolingvističke, idiosinkratičke te lingvističke informacije (Ladefoged & Broadbent, 1957). Sociolingvističke informacije daju nam uvid u govornikovu opću društvenu pozadinu, primjerice, njegov stupanj obrazovanja, porijeklo, društveni status i sl. S druge pak strane, idiosinkratičke informacije skup su govornih i jezičnih obilježja koja su svojstvena pojedincu samome i odraz su naučenoga govornoga ponašanja te anatomskih i fizioloških postavki njegovoga vokalnoga trakta. Upravo iz tog razloga smatraju se ključnim u stvarnim forenzičkim slučajevima, u kojima je presudno procijeniti jesu li na dvije ili više snimki iste ili različite osobe i je li osoba sa snimke osumnjičenik. Posljednje spomenute lingvističke informacije, odnose se na identifikaciju riječi, tj. na dekodiranje značenja koje nam je upućeno i u konačnici preneseno u obliku govornoga iskaza.

Prema Horgi i Likeru (2016) govor možemo analizirati s triju glavnih stajališta: sa stajališta proizvodnje, prijenosa i primanja govora, a istraživačke metode kojima se nastoji opisati neki aspekt govora, najčešće se dijele na akustičke, artikulacijske i perceptivne. U ovoj će se doktorskoj disertaciji govor analizirati akustičkim metodama, koje omogućuju neinvazivno istraživanje i mjerenje glasovne i govorne produkcije. Tematika ovoga rada može se smatrati dijelom općih fonetskih tema, sociolingvističkih i sociofonetskih te naposljetku forenzičkih fonetskih.

U prvome poglavlju iznijet će se osnovne definicije formanata, u okviru modela izvora i filtra te će se opisati temeljne metode procjene formanata. S obzirom na to da prilikom procjene vrijednosti formanata može doći do poteškoća ili pogrešaka, u jednom od poglavlja obradit će se i uzroci koji do njih dovode kao i postupci kojima se oni mogu izbjeći. Osim uobičajenih i često korištenih formantskih mjera, u radu je predstavljena i mjera formantske disperzije koju je još 1997. g. predložio Fitch, a brojni autori koriste ju u svojim radovima sve do danas.

Budući da na procjenu formantskih frekvencija te na određivanje broja formanata koji će se analizirati uvelike utječe kvaliteta audio materijala kojim raspolažemo, u radu će se ukratko opisati i akustičke karakteristike govornoga signala te njihov utjecaj na kvalitetu formantske analize.

U nastavnim poglavljima, odredit će se važnost vokala i temeljne metode analize formanata u forenzičkoj fonetici. Nakon toga, uslijedit će opis uobičajenoga tumačenja odnosa formanata i artikulacijskih pokreta te vrlo jezgrovit opis koartikulacijskoga procesa. S obzirom na to da je u posljednjih 20-ak godina naglo porastao broj radova u kojima se ispituje odnos akustičkih i općih somatskih obilježja, u radu će se iznijeti pregled dosadašnjih relevantnijih radova na tu tematiku. Na kraju prvoga poglavlja opisat će se uloga vokala u sociofonetici i sociolingvistici te će se izložiti različiti sociolingvistički pogledi na spolne razlike u govornoj i jezičnoj upotrebi.

U drugome poglavlju ukratko se nastojao sažeti i opisati odnos hrvatskoga i srpskoga jezika kroz povijest, s osvrtom na vremensku okosnicu 90-ih godina prošloga stoljeća. Nakon sažetoga pregleda prijašnjih istraživanja o odnosu hrvatskoga i srpskoga jezika, opisani su vokalski sustavi analiziranih jezika te su komentirani tipovi hrvatskoga jezika, čiju podjelu često susrećemo u hrvatskoj fonetskoj, ali i široj jezikoslovnoj literaturi.

U trećemu poglavlju, pregledno su kronološki opisana dosadašnja relevantna fonetska istraživanja u hrvatskome i srpskome jeziku, usmjerena na analiziranje formantskih frekvencija te fundamentalne frekvencije. U četvrtome poglavlju ovoga rada postavljeni su osnovni ciljevi i hipoteze istraživanja, dok je u petome poglavlju detaljno opisana metodologija rada (govornici, korpus istraživanja, statistička obrada podataka te akustička analiza koja uključuje metodu procjene formanata i fundamentalne frekvencije). U šestome su poglavlju izneseni rezultati provedenoga istraživanja te su interpretirani u okviru dosadašnjih relevantnih fonetskih, lingvističkih, sociofonetskih i forenzičkih studija. U posljednjem poglavlju rada izneseni su konačni zaključci, dok su posljednje stranice rada usmjerene na znanstveni doprinos ove doktorske disertacije te na buduća istraživanja.

## 1.1. Formanti

Akustička je analiza jedan od temeljnih metodoloških postupaka u forenzičkoj fonetici, kako u istraživačkome području, tako i u stvarnim forenzičkim slučajevima. Uznapredovali razvoj tehnologije iznjedrio je raznovrsne suvremene računalne programe kojima se nastoji postići visoki stupanj preciznosti u procjeni govora, međutim još uvijek nisu dostignuti i premašeni rezultati koji nastaju sinergijom akustičkih i perceptivnih metoda. Najpouzdaniji, pa s toga i najkorišteniji akustički parametri uključuju formantsku analizu te različite mjere fundamentalne frekvencije. Formantske su frekvencije varijabilne između različitih govornika, posebice između muškaraca i žena, ali i unutar govornika samoga. S obzirom na to da reflektiraju fiziološke značajke govornika, sociolingvističku pozadinu te idosinkratičko fonetsko ponašanje, formantska je analiza korištena u različitim znanstvenim područjima: forenzičkoj fonetici, sociofonetici, akustičkoj i općoj fonetici te populacijskoj statistici.

Prije nego što se iznesu definicije formanata te opišu metode njihova mjerenja i poteškoća s kojima se susrećemo pri analiziranju formanata, u ovom će se poglavlju opisati akustička teorija govorne proizvodnje. Prema *teoriji izvora i filtra*, glasnice vibriraju i na taj način postaju izvor zvuka. Prolaskom kroz vokalni trakt (od glasnica do usana) taj se početni zvuk oblikuje. Zvuk proizveden vibracijom glasnica modificira se prolaskom kroz vokalnu tubu koja na njega djeluje poput akustičkoga filtra. Izvorni se zvuk tako može pojačati (rezonirati) ili utišati (antirezonirati), ovisno o tome kakvoga je sastava i kojim dijelom vokalnoga trakta prolazi. Ovaj je model vrlo koristan u razumijevanju prirode formanata i metoda njihovoga mjerenja.

### 1.1.1. Model govorne proizvodnje – model izvora i filtra

Teorija izvora i filtra može se sažeto predstaviti jednom rečenicom: „Speech wave is the response of the vocal tract filter systems to one or more sound sources“ (Fant, 1960: 15). Primarno polazište ovoga modela govorne proizvodnje sastoji se od ideje da govorni zvukovi nastaju uslijed postojanja i djelovanja dviju komponenata: izvora zvuka i filtrirajućih struktura.

Izvor su zvuka glasnice, koje se pod subglotičkim pritiskom uzastopno i izmjenično otvaraju i zatvaraju. S obzirom na to da vokalni trakt funkcionira kao filter, izvorišni se zvuk u obliku zvučnih valova mijenja u složene periodičke valove (Johnson, 2012). Filter je frekvencijski selektivan i neprestano mijenja spektralne karakteristike izvorišnoga zvuka (Clark & Yallop, 1995), tako da ih pojačava ili utišava. Tijekom govora zračna struja ne vibrira samo na razini glasnica, već ostvaruje više frekvencije udaranjem o stijenke vokalnih organa (Baldwin &

French, 1990). Broj titraja glasnica u sekundi određuje fundamentalnu frekvenciju ( $F_0$ ), a vrijeme između dvaju titraja definira se kao period (T) (Johnson, 2012).

Druga važna karakteristika govornoga zvuka jest njegova kompleksnost. Pritom se misli na činjenicu da je izvorišni zvuk, nastao u grkljanu, sačinjen od višestrukih frekvencija. S obzirom na to da je riječ o harmoničnome zvuku, različite se frekvencije još nazivaju i harmonici. U literaturi se harmonici vrlo često definiraju kao umnošci fundamentalne frekvencije. Frekvencije harmonika čije su vrijednosti iste kao i frekvencije vokalnoga trakta, pojačavaju se, odnosno rezoniraju, a ako su im sinusoide suprotnoga predznaka, tada se poništavaju, odnosno antirezoniraju (Johnson, 2012).

Filtrirajuća karakteristika supralaringalnoga vokalnoga trakta u najvećoj se mjeri odnosi na njegova rezonantna svojstva. Vokalni se trakt mijenja s obzirom na položaj i oblik jezika, visinu, tj. otvorenost donje čeljusti, otvorenost/zatvorenost nosnoga prolaza, zaokruživanje usana i sl. (Harrison, 2013). Oblik, veličina i građa šupljina vokalnoga trakta sudjeluju u rezonantnom oblikovanju izvorišnoga zvuka. Rezonantna frekvencija definira se kao „frekvencija na kojoj pobuda vanjskom periodičnom silom u titrajnome sustavu izaziva titranje s najvećom mogućom amplitudom“<sup>1</sup>.

Kada govorimo o ovoj teoriji govorne proizvodnje, *izvor* i *filtar* u potpunosti su neovisni mehanizmi, pa prema tome „rezonantne frekvencije vokalnoga trakta i fundamentalna frekvencija izvora zajedno sa svojim harmonicima nisu u ovisnosti, nego se mogu mijenjati neovisno jedne o drugima“ (Harrison, 2013: 29). U posljednje vrijeme vrlo je aktualno akustičko pitanje, ovise li  $F_0$  i formantske frekvencije jedno o drugome, odnosno, propitkuje se jesu li izvor i filter zaista neovisni i vrijedi li to u svim jezicima i kod obaju spolova (vidi poglavlja 6.4. i 6.5. u kojima su izneseni rezultati za korelaciju između formanta i  $F_0$  te između formanta samih u hrvatskome i srpskome jeziku).

### 1.1.2. Definicije formanta

U prethodnom teorijskom opisu Fantovoga modela izvora i filtra u govornoj proizvodnji, predstavljena su dva temeljna učinka na izvorišni zvuk: nastajanje rezonantnih frekvencija vokalnoga trakta i stvaranje spektralnih vrhova koji su rezultat filtrirajućih efekata vokalnoga trakta (Harrison, 2013). Iako se razlikuju prema načinu na koji su nastali, pod pojmom

---

<sup>1</sup> Definicija pojma *rezonantna frekvencija* preuzeta je s mrežne poveznice terminološke baze hrvatskoga strukovnog nazivlja (STRUNA): <http://struna.ihj.hr/naziv/rezonantna-frekvencija/7963/> (posljednji posjet 30. listopada 2017.).



*formanata* u literaturi se vrlo često misli na oba fenomena. Ako želimo biti precizniji, reći ćemo da su rezonantne frekvencije akustička karakteristika vokalnoga trakta, dok su spektralni vrhovi rezultat prijenosa zvuka (Harrison, 2013).

Prema Fantu (1960: 20) formanti se definiraju kao „spektralni vrhovi zvučnoga spektra“. Autor naglašava da se pojmovi rezonantne frekvencije i spektralni vrhovi trebaju razlikovati, iako se u većini slučajeva mogu koristiti kao sinonimi. Malmberg (1974) za formante navodi da su rezultat pojačanih frekvencija koje uzrokuju akustička obilježja vokalnoga trakta, tj. rezonantne karakteristike govornoga prolaza. Iako Fry (1979) formante striktno definira kao rezonantne frekvencije vokalnoga trakta, napominje da termin formanta češće koristimo za frekvenciju na kojoj se pojavljuje spektralni vrh, s obzirom na to da formanti dovode do vrhova u spektru proizvedenoga zvuka, s čime se slaže i Johnson (2012).

Formanti se u literaturi još definiraju kao rezonantne regije ili regije u kojima se koncentrira veća količina energije (Hollien, 1990). Baldwin i French (1990) opisuju formante kao vibracije na višim frekvencijama, koje su uzrokovane „trljanjima“ zračne struje o površinu vokalnih organa i rezonancijama pojedinih dijelova govornoga trakta. Clark i Yallop (1995: 246) upozoravaju na čestu *tehničku nepreciznost* u definiranju formanata kao rezonantnih frekvencija, navodeći da su formanti: „posljedica rezonancije, a ne rezonancija sama.“ Spomenuti autori formante također opisuju kao „vrhove spektralne energije koji su nastali rezonancijom“ (Clark & Yallop, 1995: 246). Sličnu definiciju navodi i Crystal (2010), objašnjavajući da su formanti u biti vrhovi akustičke energije, čije su amplitude u usporedbi s drugim frekvencijama govornoga spektra značajno veće. Škarić (1991), baš poput prethodno spomenutih autora, formante definira kao pojačane dijelove spektra koji su rezultat rezonantnih frekvencija govornoga prolaza.

U spektrogramima se formanti mogu uočiti kao područja veće zvučne energije, koja je odraz veće amplitude zvuka. Pojednostavljeno rečeno, rezonancija je selektivno pojačavanje određenih frekvencija u spektru. S obzirom na to da je osnovno obilježje vokala jasna i vrlo stabilna formantska struktura, možemo reći da su na spektrogramima najuočljiviji govorni elementi upravo vokali. Bakran (1996) napominje da ono što vidimo u zvučnome signalu i analiziramo kao formant nije samo produkt rezonantnih frekvencija izgovornoga prolaza već rezultat triju sljedećih čimbenika:

- spektra pobude,
- karakteristika prijenosa zvuka od usta do mikrofona te

- rezonantnih pojačanja uvjetovanih prolaskom zraka kroz izgovorne šupljine različitih oblika i građe.

Prema Crystalu (2010) formantska je struktura jedno od glavnih obilježja ljudskoga govora. Iako se u literaturi najčešće govori o formantskim frekvencijama vokala, valja napomenuti da je formante moguće analizirati i kod nekih konsonanata. Opće je poznato da nazali s jedne strane nalikuju vokalima, jer imaju periodičan glotalni zvuk, a s druge okluzivima, zato što se prilikom izgovora nazala u potpunosti zatvara prolaz zračnoj struji kroz usta (Bakran, 1996). Analogijom prema definicijama vokalnih formanata, nazalni formanti<sup>2</sup> definiraju se kao rezonantne frekvencije nosne šupljine. Varošaneć-Škarić (2005) u svojoj knjizi *Timbar* analizirala je nazalne formante kod govornika hrvatskoga jezika (str. 174-175).

Iako se na temelju prethodno navedenih definicija formanata ne može reći da postoji jedna uniformna definicija formanata s kojom bi se svi autori složili, možemo zaključiti da su neslaganja primjetna samo oko preciznoga definiranja pojma formant. Ono što je važnije naglasiti jest podatak da većina autora unaprijed precizira što poima pod terminom formant i u okviru koje će ih metode analizirati.

Na temelju dostupne i konzultirane literature, u potpunosti je usuglašeno brojčano označavanje formanata, prema kojemu je prvi i najniži vrh *prvi formant*, drugi viši vrh je *drugi formant* itd. (Hayward, 2000; Crystal, 2010; Harrison, 2013). Frekvencijske se vrijednosti formanata skraćeno navode pod velikim slovom F, kojemu je pridružen i pripadajući broj formanta. Tako je primjerice oznaka za prvi formant  $F_1$  ili F1, za drugi formant  $F_2$  ili F2 i tako dalje.

### 1.1.3. Metode mjerenja formanata

Možemo reći da u današnje vrijeme postoje brojne metode za procjenu formantskih frekvencija, a potreban alat dostupan je i u nekoliko besplatnih softvera za akustičku analizu govora. Jedan od najviše i najšire korištenih alata svakako je Praat (Boersma & Weenik, 2015), koji koriste i u prestižnome forenzičkom laboratoriju za govor i akustiku, *JP French*

---

<sup>2</sup> Zbog upijajuće (apsorpcijske) karakteristike nosne šupljine, amplituda nazalnih formanata niža je nego kod vokala, a frekvencije nazalnih formanata stabilnije su u odnosu na formantske frekvencije vokala, zato što se nosna šupljina tijekom govora u vrlo maloj mjeri modificira (Klatt & Klatt, 2005). Kod nazalnih antiformanata vidljiv je pad u spektru, koji je uzrokovan propuštanjem zračne struje u nosnu šupljinu i istovremene prisutnosti oralne šupljine. Bakran (1996: 123) objašnjava: „kod nazalnih glasova zračna, fonacijska struja prolazi kroz nos, ali je prisutna, premda zatvorena, i oralna šupljina, pa se time dodatno komplicira geometrija artikulacijskog trakta“. Rezonancijska karakteristika oralnoga dijela vokalnoga trakta utječe na rezonancijske vrhove nazalne šupljine, frekvencije obiju šupljina interferiraju i na taj način stvaraju mnogostruke rezonancijske vrhove.

*Associates*, a korišten je i u ovome radu. Osim Praat-a, vrlo je često korišten i WaveSurfer (Sjölander & Beskow, 2017), kojemu je šira namjena pregledavanje, montiranje i označavanje audio materijala. U okviru doktorskoga rada, Harrison (2013) je anketiranjem članova *Internacionalne asocijacije za forenzičku fonetiku i akustiku* (IAFPA) utvrdio da je za mjerenje formantskih frekvencija najčešće korišten Praat<sup>3</sup>.

Prema Harrisonu (2013) tri najčešće korištene metode u mjerenju formantskih frekvencija jesu:

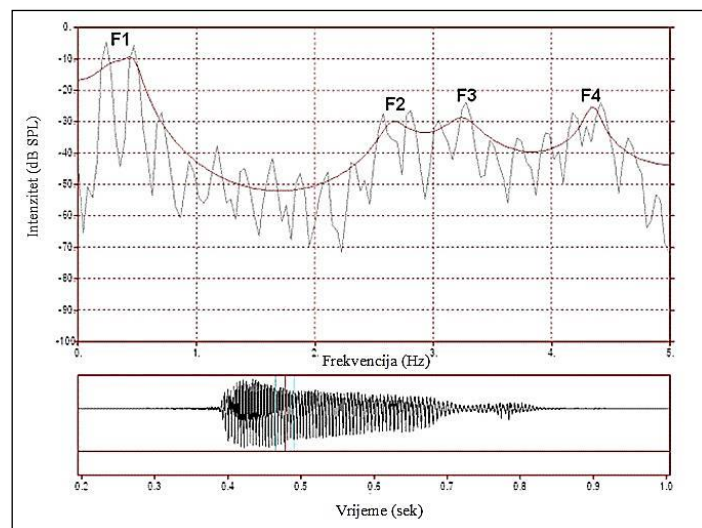
- frekvencijski spektar,
- spektrogrami te
- LPC metoda.

Najjednostavnija metoda mjerenja formantskih frekvencija temelji se na Fourierovoj analizi. Fourier je razvojem algoritma za reduciranje zvučnih valova u sinusoidalne valove, omogućio da se složeni i kompleksni periodični zvuk govora, sačinjen od mnoštva periodičkih valova proizvedenih u istom trenutku, može razložiti na podjedinice, odnosno pojedinačne frekvencijske komponente (Hollien, 1990; Harrison, 2013). Kratica FFT (*Fast Fourier Transform*) odnosi se na metodu procesiranja digitalnoga signala kojom se akustički signal pretvara u spektrograme (Johnson, 2012). Na taj način jasno se razlažu sastavne komponente zvučnih valova, na kojima je potom moguće provoditi daljnje analize (vidi *Sliku 1*).

Ova je metoda jednako učinkovita na kraćem i dužem govornome signalu, ali je prikladnija za analizu fundamentalne frekvencije i harmonika. Prilikom procjene formantskih frekvencija ponekad dolazi do poteškoća pri određivanju frekvencije spektralnoga vrha (o kojima će biti više riječi u poglavlju 1.1.4.), pa u tom slučaju valja biti oprezan pri analizi i interpretaciji procijenjenih vrijednosti i rezultata.

---

<sup>3</sup> Uz Praat, članovi IAFPA asocijacije (*International Association of Forensic Phonetics and Acoustics*) naveli su i programe Kay CSL/Multi-Speech te WaveSurfer/X Waves, ali znatno rjeđe (Harrison, 2013).



Slika 1. Prikaz Fourierove transformacije govornoga zvuka<sup>4</sup>.

Druga metoda analize formanta, koja uključuje procjenu formantskih frekvencija na temelju spektrograma, jedna je od najčešće korištenih metoda. Na okomitoj osi spektrograma prikazana je frekvencija u hercima (Hz) dok je na horizontalnoj osi predstavljeno vrijeme u sekundama (s). Usko-pojasnim filtriranjem do izražaja dolaze harmonici, pa se pulsacije glasnica jasno iscrtavaju, dok su formantske frekvencije izraženije primjenom široko-pojasnoga filtra. Intenzitet, odnosno amplituda zvuka procjenjuje se na temelju razlike u boji (tamnosiva, siva ili svijetlosiva). Što je boja spektralne energije tamnija, to je zvuk većega intenziteta. Frekvencija pojedinoga formanta određuje se pozicioniranjem kursora u vidljivu stabilnu sredinu formanta u određenom vremenskom periodu i očitavanjem njegove vrijednosti (Hayward, 2000; Johnson, 2012; Harrison, 2013).

U posljednje vrijeme formanti se mjere i analiziraju LPC metodom (engl. *linear predictive coding*), koja je daleko efikasnija i vremenski štedljivija u odnosu na prethodno spomenute dvije metode (Harrison, 2013). Ovu su metodu osmislili inženjeri za komunikacijske sustave niske brzine prijenosa s ciljem osiguravanja više mjesta potrebnoga za pohranu u govornoj sintezi i sustavima za prepoznavanje. LPC metodu u literaturi još možemo naći pod nazivom *prediktivni algoritam kodiranja* (engl. *predictive coding algorithm*) zbog toga što se temelji na izračunu manjega broja prediktivnih koeficijenata u linearnoj kombinaciji uzoraka valnih oblika, koji određuju karakteristike filtriranja i broj spektralnih vrhova korištenih za potrebe analize (Johnson, 2012). U akustičkoj fonetici ova se metoda vrlo često koristi, međutim,

<sup>4</sup> Slika je preuzeta s poveznice [http://clas.mq.edu.au/speech/acoustics/speech\\_spectra/fft\\_lpc\\_settings.html](http://clas.mq.edu.au/speech/acoustics/speech_spectra/fft_lpc_settings.html) (posljednji posjet 24. siječnja 2018.) i prilagođena je hrvatskome jeziku.

analizu je potrebno provesti s oprezom ako se analiziraju nazali, laterali i pojedini frikativi, što će detaljnije biti obrađeno u poglavlju 1.1.4.

U statičnim metodama mjerenja formanata frekvencijske se vrijednosti dobivaju na temelju jedne ili više točaka (sredina, početak i /ili kraj vokala itd.) u određenome vokalu. Drugim riječima, u vremenskom se presjeku procjenjuje koliko primjerice iznose vrijednost F1, F2 i F3 za vokal [e]. U akustičkoj se fonetici uz statične metode koriste i dugotrajne ili dinamičke. Nolan i Grigoros (2005), prvi su pisali o uporabi metode *dugotrajne formantske distribucije* (LTFD za engl. *long-term formant distribution*). Spomenuti su ju autori predstavili kao vrlo korisnu metodu koja nam daje jasne informacije o prosječnome ponašanju, tj. kretanju svakoga formanta. U primjeni ove metode, istraživač određuje broj formanta čija će se kretanja pratiti. Najčešće se procjenjuju vrijednosti prvih dvaju formanta (De Jong, McDougall, Hudson, & Nolan, 2007; Wood, Hughes, & Foulkes, 2014), zbog akustičkih ograničenja i karakteristika govornoga materijala. Naravno, ukoliko je snimka vrlo dobre ili izvrsne kvalitete, utoliko analiza može uključivati praćenje kretanja vrijednosti i viših formanata.

LTFD metodom nastoje se zabilježiti opće (iz)govorne navike pojedinca koje se zadržavaju tijekom cjelokupnoga trajanja govornika, primjerice labijaliziranje ili palataliziranje. S obzirom na to da primjenom ove metode do izražaja dolaze govornikove idiosinkratične osobitosti, LTFD metoda jedna je od najkorištenijih u forenzičkoj fonetici (Gold, French, & Harrison, 2013; Skarnitzl, Vaňková, & Nechanský, 2015).

Budući da su u posljednjih 10-ak godina osim statičnih metoda mjerenja formanata dostupne i dinamičke, neki su autori nastojali utvrditi ima li razlike u vrijednostima formanata istoga govornoga materijala dobivenih primjenom obiju metoda. McDougal (2006) je na temelju rezultata provedene studije zaključila da su statistički značajno bolji rezultati formantske analize koja se temelji na LTFD metodi. Autoričino istraživanje potvrdilo je da je u postupku identifikacije i prepoznavanja govornika u stvarnim forenzičkim slučajevima značajno učinkovitija dinamička metoda mjerenja formanata (McDougal, 2006), a iste je rezultate potvrdio i Nolan (2007). Autor u svome radu napominje da se primjenom LTFD metode povećava vjerojatnost za razlikovanjem dvaju ili više govornika, jer će u duljem vremenskom odsječku govora osobe izraženije iskazati svoje govorno-jezične karakteristike (Nolan, 2007).

U forenzičkim se slučajevima vrlo često pojave snimke osoba koje na različite načine nastoje prikriti svoj glas, a time i vlastiti identitet. U razgovoru s istražiteljima ili u policijskome

intervjuu osumnjičenici učestalo mijenjaju svoj (iz)govor, ali što duže govore to mogu slabije nadzirati vlastitu govornu izvedbu. Iz tog razloga forenzički fonetičari savjetuju da se govorni materijal potreban za akustičku analizu rasporedi za kraj snimanja, kad su govornici najopušteniji i kad je popustio nadzor za maskiranjem i prikrivanjem govora. Većina govornika nije niti svjesna da je nemoguće u potpunosti i tijekom dužega perioda umjetno promijeniti i/ili prikriti vlastiti (iz)govor, već su u zabludi da ga neprimjetno prikrivaju i da su tijekom cijeloga razgovora bili podjednako učinkoviti. Naime, pod nadzorom se mogu držati samo neke (iz)govorne osobitosti, dok će istovremeno druge, mahom nesvjesne karakteristike (poput zvučnih stanki oklijevanja), ostati prisutne u govoru. Također, mali je broj osumnjičenika svjestan koliko je govor kompleksan fenomen i koje se sve govorne značajke mogu analizirati.

#### **1.1.3.1. Formantska disperzija ( $D_f$ )**

U brojnim akustičkim sudijama u vezu su se dovodila različita akustička i somatska obilježja govornika. U nekim se istraživanjima razmatrao odnos fundamentalne frekvencije i/ili formantskih frekvencija s duljinom vokalnoga trakta, fiziologijom glasnica i grkljanskih prostora, visinom, masom, dobi, spolom govornika itd. Zamjetan interes i odjek u znanstvenim krugovima zabilježen je 1997. godine kada Fitch uvodi mjeru *formantske disperzije* (engl. *formant dispersion*), za koju se do danas koristi kratica  $D_f$ . Spomenuta mjera raspršenja formanata ( $D_f$ ) najavljena je u radu u kojem je predstavljeno istraživanje na rezus majmunima ( $N=23$ ). U studiji je Fitch (1997) ispitao korelaciju tjelesne mase i visine te duljine vokalnoga trakta u odnosu na formantske vrijednosti ( $F_1$ - $F_3$ ). Sve su akustičke mjere provedene na prethodno snimljenim prijetećim vokalizacijama rezus majmuna. U radu je navedena i objašnjena formula prema kojoj se disperzija formanata izračunava zbrajanjem prosječnih razlika pojedinih parova formanata. Drugim riječima, zbroji se razlika u frekvenciji  $F_3$  i  $F_2$  s razlikom  $F_2$  i  $F_1$ , što se na kraju podijeli s brojem parova razlika (u ovome slučaju s dva). Autor na kraju rada zaključuje da mjera  $D_f$  kod rezus majmuna direktno ovisi o duljini vokalnoga trakta i tjelesnoj veličini te pretpostavlja da vrlo vjerojatno može poslužiti kao robustna mjera kod većine sisavaca (Fitch, 1997).

Formula za izračunavanje formantske disperzije prilagođava se broju mjerenih i u analizi dostupnih formanata, a nije preporučljivo provođenje izračuna na samo dva formanta. U slučaju da smo u formantskoj analizi mjerili frekvencijske vrijednosti prvih četiriju formanata, koristit ćemo prvu formulu, a u slučaju da smo mjerili prva tri formanta, koristimo drugu.

$$D_f = \frac{(F4 - F3) + (F3 - F2) + (F2 - F1)}{3}$$

$$D_f = \frac{(F3 - F2) + (F2 - F1)}{2}$$

S obzirom na novinu rezultata prethodno spomenute studije i činjenicu da se unatoč potvrđenoj razlici u vrijednostima formantskih frekvencija kod muškaraca i žena, vrlo malo zna o odnosu formantata i tjelesne mase i/ili duljine vokalnoga trakta kod obaju spolova, u nadolazećem su razdoblju uslijedila brojna istraživanja u kojima se ispitivao odnos  $D_f$  mjere i duljine vokalnoga trakta kod ljudi. U nekim se studijama nastojalo utvrditi postoji li korelacija između  $D_f$  mjere i tjelesne veličine govornika (Puts, Hodges, Cárdenas, & Gaulin, 2007), dok su primjerice Knowles i Little (2016) ispitali utječu li različiti akustički faktori (među kojima i  $D_f$  mjera) na percipciju govornikove kooperativnosti. Drugi su pak autori ispitali korelaciju frekvencijskih vrijednosti formantata i tjelesne visine te težine govornika (Fitch, 1994; Fitch & Giedd, 1999). Odnos formantskih frekvencija i različitih somatskih obilježja kod ljudi bit će detaljnije obrađen u poglavlju 1.4.

#### 1.1.4. Poteškoće u mjerenju formantata

Procjena frekvencije spektralnih vrhova doima se kao jednostavan postupak, međutim, istraživaču se olako mogu omaknuti povećane pogreške u mjerenju. Izbor metode mjerenja formantata ponekad je vezan uz iskustvo i znanje istraživača, a vrlo je često predodređeno samim ciljem rada. Bakran (1996: 44) ističe da „uspjeh očitavanja frekvencija formantata ovisi o načinu analize...” te da „ne postoje nedvosmisleni kriteriji za to što se naziva *istaknutim mjestom u spektru...*“, na što još 60-ih godina prošloga stoljeća upozoravaju Stevens i House (1963). Zbog činjenice da različiti istraživači istoga znanja i razine iskustva mogu procijeniti različitu frekvencijsku vrijednost istoga formanta, Harrison (2013: 30) predlaže da se umjesto izraza *mjerenje* formantskih frekvencija, radije koristi izraz *procjena* formantskih frekvencija, dok Kendall i Vaughn (2015) predlažu frazu *najvjerojatnije* formantske vrijednosti, umjesto formulacije *točne* formantske vrijednosti. Spomenuti autori i brojni drugi stručnjaci, upozoravaju da rezultati formantske analize ovise i o samokritičnosti, tj. strogosti istraživača.

Valjalo bi dodati da je oprez potreban kako u analizi formantata, tako i u interpretaciji rezultata. Također, neophodno je spomenuti da na poteškoće možemo naići i u samoj kvaliteti signala. Vrlo se često u realnim forenzičkim slučajevima pojave audio snimke loše kvalitete

ili je sam signal frekvencijski ograničen (npr. GSM prijenos), zbog čega je fonetičar u radu primoran iskoristiti onaj dio govornoga signala koji mu je dostupan, a ne idealan. O akustičkim karakteristikama govornoga materijala s kojima se fonetičar susreće u svome radu te posljedicama koje iz njih proizlaze više će biti riječ u poglavlju 1.1.5. *Tehničke karakteristike govornoga signala.*

Iako se metoda frekvencijskoga spektra, koja se temelji na Fourierovoj analizi, može provesti i na kraćem i na dužem govornome signalu, svi akustički parametri ne mogu se podjednako dobro i precizno procijeniti. Manje poteškoća javlja se prilikom određivanja vrijednosti fundamentalne frekvencije i harmonika, a više prilikom procjene formanta, zato što se formanti mogu odrediti samo na temelju relativnih amplituda harmonika. Neki autori savjetuju da se tijekom formantske analize, u primjeni ove metode, spektar može i interpolirati. Hayward (2006) tako predlaže upotrebu vrlo kratke duljine prozora (5 ms), kojim se spektralna ovojnica izgladuje, a spektralni vrhovi postaju jasno vidljivi. Međutim, izgladivanje spektra može utjecati na položaj formanta i općenito na njegovo pojavljivanje u spektru (Harrison, 2013). Pretjerana ili nedostatna izgladenost spektra mogu utjecati na frekvencijske vrijednosti formanta i njihov broj. Ukoliko je spektar nedovoljno izgladen, utoliko će i dalje biti vidljivi harmonički vrhovi, a ako je previše izgladen, spektralni vrhovi koji se nađu jedan u blizini drugoga, mogu se spojiti.

Kod primjene ove metode, svakako valja računati i na nemogućnost dinamičkoga prikaza formanta. Ovom je metodom moguće odrediti samo statične frekvencijske vrijednosti formanta pojedinoga vokala u određenome vremenskom presjeku. Johnson (2012) i Harrison (2013) napominju da je određeni oblik dinamičnosti govora moguće postići višestrukim nizanjem statičnih FFT prikaza, koji se još nazivaju *kaskadni* ili *padajući prikazi*<sup>5</sup>.

Pretjerana ili nedostatna interpolacija spektra uzrok je raznovrsnih pogrešaka i poteškoća u mjerenju formanta čak i kod primjene druge, spektrogramske metode. Najčešća pogreška odnosi se na spajanje dvaju formantskih frekvencija u jednu (F1 i F2, F2 i F3 itd.) što može biti uvjetovano izrazito jakom amplitudom jednoga ili obaju analiziranih formanta. U inozemnoj i tuzemnoj literaturi brojni autori (Stevens & House, 1963; Assmann, 1991; Huber, Stathopoulos, Curione, Ash & Johnson, 1999; Hayward, 2000; Kent & Read, 2002; Howard,

---

<sup>5</sup>Engleski termini za pojmove *kaskadni* ili *padajući prikazi* (u slobodnom prijevodu autora) jesu *cascade* ili *waterfall plot*. S obzirom na to da nisu sastavna funkcija većine programa za akustičku obradu govora, rijetko se koriste. U forenzičkoj se fonetici rezultati iz kaskadnih prikaza uspoređuju s rezultatima iz LPC metode, radi provjere procjene formanta i eventualnih korekcija koje je potrebno učiniti.



2002; Ladefoged, 2003; Prica & Ilić, 2010; Johnson, 2012; Harrison, 2013) pišu o toj metodološkoj problematici, za koju se vrlo često koristi *spektralna integracija* (engl. *spectral integration*). Dva se formanta mogu „spojiti“ i zbog frekvencijske blizine (Vallabha & Tuller, 2001), posebice kod stražnjih vokala, pa se spajaju u jednu masu s istaknutim vrhom, o čemu kod nas pišu Bakran (1996) i Varošaneć-Škarić (2005). Potonja autorica objašnjava da je spomenuta spektralna integracija vrlo česta kod tenora, objašnjavajući da: „tenori izbjegavaju približavanje prvoga formanta fundamentalci da bi zadržali mušku kvalitetu glasa“ (Varošaneć-Škarić, 2005: 79). Kod žena se i djece zbog visokih frekvencija fundamentalnoga tona prvi formant vrlo često ne može razlučiti od nultoga formanta. Odnosno, kod osoba s višom fundamentalnom frekvencijom (višom od 150 Hz) teže je procijeniti vrijednosti formanta nego kod osoba s nižim vrijednostima  $F_0$  (Diehl, Lindblom, Hoemeke, & Fahey, 1996). Također, neke su studije pokazale da postotak uspješno identificiranih vokala opada porastom fundamentalne frekvencije (Ryalls & Lieberman, 1982). Do iste pojave dolazi i pri analizi visokih vokala koji imaju vrlo niske vrijednosti  $F_1$  (najniže od svih vokala). Posljednji uzrok pogrešnoga iščitavanja vrijednosti formanta leži u nedovoljno jakoj amplitudi pojedinoga formanta, koju program koji se koristi nije uspio detektirati.

Višestruka istraživanja provedena na brojnim jezicima pokazala su da je jedan od korisnijih koraka u formantskoj analizi temeljenoj na spektrogramskim prikazima, određivanje i odvajanje specifičnih frekvencijskih pojaseva za svaki formant pojedinoga vokala. Płonkowski (2015) u svome radu razrađuje problematiku najbolje razdvojenosti frekvencijskih pojaseva za formante vokala u poljskome jeziku. Autor ističe da se optimalni formantski pojasevi postižu pronalaženjem najveće razlike između maksimalnih i minimalnih vrijednosti u istraživanom rasponu formantskih frekvencija<sup>6</sup>. Određivanje frekvencijskih pojaseva pojedinoga formanta trebalo bi se temeljiti na studiji provedenoj na većem korpusu, a odvajanjem pojaseva postigla bi se veća točnost u daljnjim formantskim izračunima. Softverski alat koji bi se primjenjivao koristio bi zadane granične frekvencijske vrijednosti te bi se na taj način spriječile moguće pogreške i poteškoće u mjerenju formanta, o kojima je bilo riječ u ovome poglavlju. Kao rješenje za razlikovanje formanta čije se frekvencije formanta nalaze vrlo blizu (posebno za  $F_1$  i  $F_2$ ) često se predlažu modeli normalizacije vokala. Njihova svrha sastoji se u razlikovanju i odvajanju vokala čije su vrijednosti  $F_1$  i  $F_2$  vrlo slične, odnosno, frekvencijski vrlo blizu jedna drugoj. Njihova mana leži u presnažnoj

---

<sup>6</sup> Za svaki je pojas određena prosječna frekvencija, SD te maksimalna i minimalna vrijednost (Płonkowski, 2015).

normalizaciji koja rezultira nepromijenjenim vrijednostima formanta svakoga vokala, među različitim govornicima.

Posljednja metoda o kojoj će biti riječ u ovome poglavlju, LPC metoda, vrlo je široko u upotrebi u području akustičke i forenzičke fonetike. Poput svih drugih metoda, i ova metoda sa sobom nosi određena ograničenja. Johnson (2012) ističe da se njenom primjenom suviše pojednostavljeno pretpostavljaju izračuni funkcija filtra vokalnoga trakta. Tako se primjerice u analizu uzimaju u obzir isključivo spektralni vrhovi, iako je opće poznato da je spektar sačinjen i od spektralnih dolina, koje još nazivamo antifonantima. S obzirom na to, Johnson (2012) obrazlaže da je LPC metodom vrlo korisno analizirati oralne vokale, dok su kod nazala, laterala i nekih frikativa, jasno prisutna veća ograničenja samoga alata. Druga poteškoća ogleda se u nepodudarnome broju realnih formanta u govornome materijalu i broju formanta koji je sustav predvidio u analizi. Naime, ukoliko alat koji se koristi namjerava analizirati frekvencijske vrijednosti prvih četiriju formanta, a u spektru su prisutna samo tri, utoliko će se istaknuti i neki manji spektralni vrh (veće amplitude) koji u biti nije formant. Sustav će na taj način umjetno stvoriti nepostojeći formant.

### **1.1.5. Tehničke karakteristike govornoga signala**

Audio forenzika područje je forenzičke fonetike koje je usredotočeno na znanstvenu interpretaciju audio zapisa (Maher, 2010). Stručnjaci iz tog područja određuju autentičnost snimke koja je dokazni materijal, osiguravaju veću kvalitetu snimke (sa svrhom bolje razumljivosti i razabirljivosti materijala te veće čujnosti tihih dijelova u spektru), identificiraju govornika/e sa snimke, transkribiraju dijalog, rekonstruiraju kriminalne događaje u odnosu na vremenski okvir itd. (Maher, 2009).

U stvarnome forenzičkom slučaju forenzički se fonetičar (koji istovremeno može biti i sudski vještak) susreće s dokaznim materijalom koji može biti audio i/ili audio-vizualan. Na tom materijalu primijenjuju se višestruke akustičke i slušne analize<sup>7</sup>. Najčešće se akustički i perceptivno uspoređuju različite snimke s telefonskih i mobilnih uređaja sa snimkama

---

<sup>7</sup> U posljednjih 15-ak godina česta je upotreba softvera za automatsko prepoznavanje govora i govornika (Maher, 2010), ali većina stručnjaka naglašava da ih valja primjenjivati isključivo u kombinaciji s *auralno-spektrografskom metodologijom* (Baldwin & French, 1990; Hollien, 1990; Rose, 2002).

intervjua vođenoga i snimljenoga u studijskim ili policijskim prostorima. Nolan (2005) navodi da se ponekad koriste i *tajne snimke*<sup>8</sup> prikupljene skrivenim mikrofonom.

Na kvalitetu akustičkoga materijala u forenzičkim slučajevima utječe nekoliko čimbenika:

- akustičke karakteristike mreže za prijenos podataka,
- uvjeti u kojima je razgovor snimljen,
- način na koji govornik drži uređaj te
- način govornikovog izgovora.

Tržište telekomunikacijskih servisa rapidno se mijenja u okviru potreba korisnika. Tradicionalni telefonski kanali ponašaju se poput pojasno propusnih filtara i u većini zemalja obuhvaćaju frekvencijski pojas od otprilike 400 do 3 400 Hz (Nolan, 2005; Nolan, 2007; Harrison, 2013)<sup>9</sup>, dok je za mobilne uređaje pojas propuštanja još uži (od 350 do 3 200 Hz) (Harrison, 2013). Govorni je signal u telefonskoj i mobilnoj transmisiji akustički vrlo osiromašen i izobličen, iako toga nismo svjesni zbog toga što nam je omogućno razumijevanje sugovornika i uredna komunikacija. Zbog graničnih vrijednosti mobilnih i telefonskih kanala ne propuštaju se viši formanti (od F4 na više), a vrlo se često gubi i F1.

Prijašnja istraživanja u kojima su uspoređivane kvaliteta i akustičke karakteristike studijskih snimki s telefonskim snimkama (Künzel, 2001) i snimkama mobilnih uređaja (Byrne & Foulkes, 2004), pokazala su da vrlo često dolazi do akustičkih artefakata, tj. frekvencijskih izobličenja propuštenoga zvuka, na što upozorava i Nolan (2005). Statistički su se značajno razlikovale vrijednosti prvoga formanta u snimci iz telefonske transmisije u odnosu na snimku iz studijskih uvjeta (Künzel, 2001; Byrne & Foulkes, 2004). Frekvencijske vrijednosti F1 bile su povišene za čak 29% u telefonskoj transmisiji, ponajviše kod vokala s niskim vrijednostima F1, dok za vrijednosti F2 i F3 nisu utvrđene statistički značajne razlike. Nolan (2005) napominje da vrijednosti formanata koje su frekvencijski blizu graničnih frekvencija propuštanja u telefonskoj ili mobilnoj transmisiji mogu biti povišene i intenzitetski umjetno pojačane.

---

<sup>8</sup> U tajnim snimanjima sudjeluju policajci u civilu ili volonteri, koji u razgovoru s osumnjičenima nose skriveni mikrofoni. Kvaliteta snimke vrlo često nije na dovoljnoj razini za provođenje preciznijih akustičkih mjera (Nolan, 2005).

<sup>9</sup> Navedeni se podatak može pronaći i na poveznici: <https://www.ericsson.com/assets/local/publications/white-papers/wp-evolved-hd-voice-for-lte.pdf> (posljednji pristup 29. siječnja 2018.), na kojem se nalazi službeni dokument tvrtke Ericsson pod naslovom *Evolved HD Voice for LTE*.

Iako bi idealna formantska analiza uključivala vrijednosti prvih četiriju formanta, zbog spomenutih frekvencijskih ograničenja i izobličenja audio materijala, najčešće se analiziraju samo F2 i F3 (Gold et al., 2013). U nekoliko istraživanja pokazalo se da je F2 najrobusniji formant, odnosno formant koji u najmanjoj mjeri podliježe frekvencijskim ograničenjima i izobličenjima u telefonskim i mobilnim snimkama (Harrison, 2013; Zhang, Morrison, Enzinger, & Ochoa, 2013). Iako je F3 nerijetko *odrezan* i nepovratno izgubljen u akustičkim snimkama, neke su studije utvrdile da upravo treći formant ima najveću diskriminatornu ulogu među formantima, što znači da su se ispitanici najviše razlikovali na temelju frekvencijskih vrijednosti F3 (French, Harrison, Kirchübel, Rhodes, & Wormald, 2017). S obzirom na rezultate gore navedenih studija od velike je važnosti oprezno interpretirati rezultate akustičke analize koja se temelji na formantskoj analizi<sup>10</sup> i u obzir svakako uzeti uvjete snimanja i transmisije govornoga signala.

Raspon propuštanja frekvencija u telefonskoj transmisiji varira od zemlje do zemlje (Zhang et al., 2013). Prema službenim informacijama HAKOM-a<sup>11</sup> i kompanije Ericsson Nikola Tesla<sup>12</sup> tradicionalni govorni frekvencijski raspon u fiksnim telefonskim mrežama kao i u mobilnim mrežama generacije 2G i 3G u RH obuhvaća područje od 300 do 3 400 Hz. Donedavno, mreže za prijenos podataka bile su odvojene od telefonske mreže (tzv. telex mreže), a danas postoji tzv. *mreža svih mreža*, u kojoj su integrirane sve vrste podataka. Mobilne mreže nove generacije (LTE, 4G, 5G itd.) mogu prenositi glas visoke kvalitete (engl. *HD voice*<sup>13</sup>), ali ga u ponudi imaju samo neki operateri u Hrvatskoj. Širina frekvencijskoga spektra HD zvuka u rasponu je od 50 do 7 000 Hz, pri čemu je količina informacija 16 kbit/s (vidi *Sliku 2*). Širenjem frekvencijskoga raspona audio signala s 300 do 3 400 Hz na raspon od 50 Hz do 7 kHz, osigurane su brojne prednosti, kao što su:

- bolja kvaliteta glasa,
- veća prirodnost zvuka,
- povećana razabirljivost govora te

---

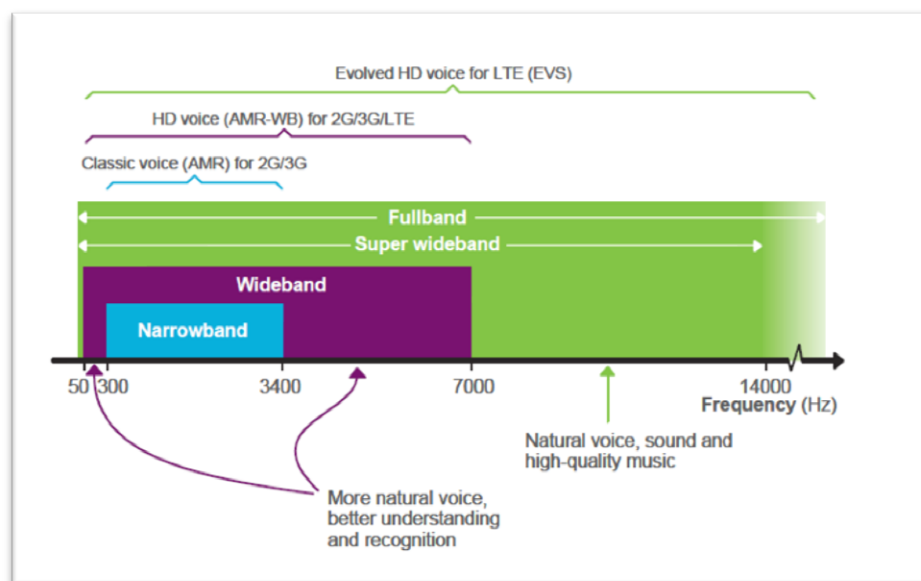
<sup>10</sup> Zbog teme ovoga doktorskoga rada, navedeni su samo utjecaji telefonske transmisije na vokale, ali valja napomenuti da su i dugi glasnici pod utjecajem zvučne transmisije. Od svih glasnika, vokali su najviše sačuvani, a frikativi su (pogotovo glasnik [s]) najugroženiji i pod najvećim utjecajem buke i drugih ometajućih čimbenika (kao što su frekvencijske karakteristike mobilnih i telefonskih uređaja) (Herren, 2017).

<sup>11</sup> Hrvatska regulatorna agencija za mrežne djelatnosti (HAKOM).

<sup>12</sup> Službeni podatci o frekvencijskom uzorkovanju govornoga signala za RH prikupljeni su iz kompanije *Ericsson Nikola Tesla* te ovim putem zahvaljujem g. Marijanu Vukoju na svesrdnoj pomoći i preporučenoj stručnoj literaturi.

<sup>13</sup> *HD voice* odnosi se na širokopojasni audio signal (engl. *wideband audio* ili *HD voice*) koji je svojom pojavom osigurao visoku kvalitetnu glasovnu kakvoću u telefonskom signalu, u odnosu na standardnu digitalnu telefoniju.

- poboljšano glasovno prepoznavanje.



Slika 2. Prikaz širina frekvencijskih pojaseva u mobilnoj telefoniji<sup>14</sup>.

Važno je napomenuti da se govorni signal u novim generacijama mobilne mreže ne prenosi posebnim putem kao nekada, nego poput preostalih signala u mreži (npr. fotografije). Frekvencijski opseg govornoga signala definiran je kodekom (programom za uzorkovanje govornoga signala) određenom frekvencijom uzorkovanja, koja u konačnici određuje frekvencijski raspon prijenosa govornoga signala.

Rezultati forenzičke studije Feisera i Draxlera (2014) provedene na 20 govornika pokazali su da naivni slušatelji statistički značajno s većom točnošću procjenjuju govornika na temelju snimke iz studijskih uvjeta u odnosu na snimke razgovora preko tradicionalne telefonske mreže. Kao što je i bilo za pretpostaviti, rezultati uspješnosti prepoznavanja uzrokovani su boljom kvalitetom, odnosno frekvencijski širim rasponom govornoga signala, koji je procjeniteljima omogućio više informacija za prepoznavanje govornika.

Osim utjecaja frekvencijskih karakteristika mobilnih i telefonskih uređaja na transmisiju govornoga signala, do varijacija u formantskim frekvencijama dolazi i uslijed različitih načina na koje govornik može držati uređaj te različitih načina govora<sup>15</sup>. U istraživanju Jovanovića i Jovičića (2011) u kojem su analizirani formanti srpskoga jezika u tri govorne situacije: šaptu, prilikom držanja mobitela između obraza i ramena te za vrijeme prikrivanja uređaja rukom,

<sup>14</sup> Slika je preuzeta s poveznice <https://www.ericsson.com/assets/local/publications/white-papers/wp-evolved-hd-voice-for-lte.pdf> (posljednji pristup 29. siječnja 2018.).

<sup>15</sup> Pritom se misli na neoptimalan položaj usta u odnosu na mikrofonski uređaj.

zabilježene su značajne promjene u vrijednostima prvih dvaju formanta. Autori navode rezultate prema kojima u šaptu rastu vrijednosti F1 i F2, a varijabilnost im opada u skupini muških govornika. Srednja vrijednost i varijabilnost F1 i F2 rastu kad se uređaj ili usta prikriju dlanom. Druga istraživanja provedena na vrijednostima prvih dvaju formanta u singapurskom engleskom u modalnom govoru i šaptu, pokazala su da je F1 manje stabilan u odnosu na F2 te da u velikoj mjeri ovisi o naglasku, dok je F2 vrlo konzistentan i nisu zabilježene veće promjene u njegovim vrijednostima (Sharifzadeh & McLoughlin, 2012).

Audio snimke kojima raspolaže forenzički fonetičar vrlo su često u nekom dijelu signala maskirane pozadinskom bukom, različitim vrstama distorzije signala, interferirajućim zvukovima itd. (Maher, 2009). Hollien (1990; 2003) govori o dvije vrste šuma: akustičkom i forenzičkom. Pod akustičkim šumom<sup>16</sup> poimaju se kompleksni zvukovi koji su sačinjeni od više neharmoničnih sastavnica. Nolan (2005) navodi da je uglavnom riječ o buci javnoga prometa, govoru drugih sudionika razgovora ili pojedinaca koji se nalaze u blizini ciljanoga govornika.

O upitnoj kvaliteti govornoga materijala osumnjičenika pišu brojni autori (Baldwin & French, 1990; Hollien, 1990; Müller, 1998; 2002), od kojih su najistaknutiji radovi australske forenzičke fonetičarke Fraser (2003; 2014; 2017; Fraser & Stevenson, 2014). Autorica u svojim radovima ističe da su audio zapisi snimljeni u policijskim postajama vrlo često maskirani raznovrsnim šumovima te da su uvjeti snimanja (položaj mikrofona, uporaba snimača uskih frekvencijskih karakteristika filtra, česta prekidanja osumnjičenika i sl.) znatno otežavali daljnju analizu eksperta. Fraser (2017) također napominje da se sudski vještak ili ekspert koji procjenjuje govor osumnjičenika učestalo susreće s nekvalitetnim transkriptima koje nadležni policijski službenici prilažu snimkama. Učestalo se u transkriptima nađu i tzv. *umišljene riječi*, koje nisu izgovorene i za koje nema nikakvih (akustičkih) dokaza u snimljenome materijalu. Policijski službenici pod utjecajem konteksta (poznavanja pozadinske priče, krivičnoga djela, sudionika u kaznenome djelu itd.) procjenjuju da su u snimci čuli nečije ime, lokaciju ili neku drugu moguću informaciju, iako u spektru nema akustičkih dokaza za to. Iz tog razloga, većina forenzičkih fonetičara samostalno transkribira govorne zapise kojima raspolažu, ne oslanjajući se na policijske transkripte. S obzirom na to da detaljna transkripcija iziskuje podosta vremena, u forenzičkome laboratoriju *JP French*

---

<sup>16</sup>Akustički šumovi mogu biti kontinuirani, isprekidani ili udarni, bijeli ili termalni (čije su sastavnice sve frekvencije svih intenziteta u slučajnom redoslijedu) te ružičasti šum (nalik bijelome šumu, ali ima specifičan pojas propuštanja frekvencije) (Hollien, 1990).

*Associates* snimljeni se materijal transkribira isključivo ako je određena sintagma neophodna za analizu ili ako je riječ o frazi ili leksemu koji je vrlo diskriminatoran.

## 1.2. Važnost vokala u forenzičkoj fonetici

Forenzička se fonetika još naziva i forenzička znanost o govoru<sup>17</sup>, a odgovara na pitanja vezana uz govor (najčešće snimke govora) u različitim pravnim postupcima (Harrison, 2013). U stvarnim forenzičkim slučajevima analiza uglavnom obuhvaća dva temeljna postupka: *identifikaciju* i *prepoznavanje govornika*. Prvim postupkom odgovaramo na pitanje: „Tko je govornik na snimci?“, a drugim na pitanje „Jesu li na različitim snimkama isti ili različiti govornici?“ Iako su identifikacija i prepoznavanje govornika sastavni dio gotovo svakoga forenzičkoga slučaja, ponekad forenzički fonetičar ima zadatak utvrditi samo autentičnost snimke ili procijeniti što je rečeno na snimci. U tim slučajevima analiza se sastoji od transkribiranja snimljenoga materijala na temelju perceptivne procjene i akustičkih analiza.

U forenzičkoj je fonetici formantska analiza jedna od najčešće korištenih metoda pri prepoznavanju govornika, zato što formanti istodobno odražavaju:

- anatomiju govornikovoga vokalnog trakta,
- stečene govornikove artikulacijske navike te
- naglasak koji je jezično specifičan (Nolan, 2007; Hudson, Duckworth, McDougall, & Setter, 2016).

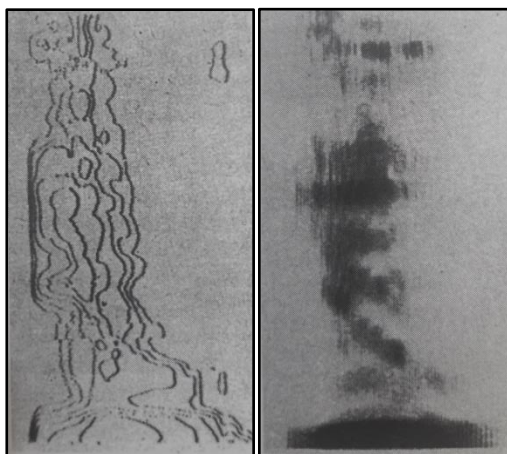
Izgovor vokala blisko je povezan i s bojom glasa govornika te njegovim dijalektalnim osobitostima (Kodandaramaiah, Giriprasad & Rao, 2010). Kišiček (2012) u svojoj disertaciji iznosi rezultate prema kojima su se procjenitelji u određivanju dijalektalnosti govornika najviše oslanjali na izgovor vokala. S obzirom na to da vokali nose brojne informacije o jeziku koji govornik koristi i o govorniku samome, većina fonetičara vjeruje da su vokali ključni u donošenju konačnih zaključaka u forenzičkim slučajevima (Hollien, 1990). Rezultati jedne studije pokazali su da se 80-95% postupaka prepoznavanja govornika u engleskome govornome području temelji na formantskoj analizi (Kodandaramaiah et al., 2010). Osim toga, važno je napomenuti da govornik nema gotovo nikakav utjecaj nad vrijednostima formantata te je gotovo nemoguće da u duljem povezanom govoru manipulira njihovim vrijednostima i drži ih pod kontrolom. Sve nam to osigurava originalnost govornikova izričaja, na temelju kojega je moguće odrediti njegove idiosinkratične osobine.

---

<sup>17</sup> Engleski su nazivi za forenzičku fonetiku *forensic phonetics* i *forensic speech science*.

### 1.2.1. Voiceprinting metoda

Na temelju opće poznate činjenice da svaki vokal ima svoje formantske frekvencije, u Sjevernoj se Americi 60-ih godina 20. st. javila tradicija forenzičkih fonetičara okupljenih oko tzv. *voice-printing* metode. *Voiceprinting* temeljio se na ideji da će se različiti govornici razlikovati na temelju formantskih frekvencija, baš kao što se formanti pri izgovoru vokala [a] primjerice razlikuje od onih kod vokala [i]. Korijeni ove ideje javili su se u radu s gluhima kojima su se nastojali približiti govor i artikulacijski pokreti uredno čujućih, tzv. *vidljivim govorom*. Zagovornici ove metode također su promovirali ideju da je počinitelje moguće identificirati na temelju spektrograma, podjednako precizno kao i otiskom prsta (Crystal, 2010). Tzv. *Glasovni otisci* (engl. *voiceprints*) proizvodili su se iz akustičke analize spektrograma (vidi *Sliku 3*).



Slika 3. Prikaz *voiceprint* obrisa proizvedenih na temelju spektrograma s desna (preuzeto iz Crystal, 2010).

S obzirom na to da svaki govornik ima različit oblik i duljinu vokalnoga trakta, zagovornici ove teorije smatrali su da će njihovi spektrogrami zasigurno biti različiti, jer je fiziološka podloga različita. Kersta (1962), jedan od vodećih i najvećih zagovornika ove teorije naglašavao je da se prepoznavanje govornika može učiniti na temelju spektrograma deset izgovorenih riječi, a svoju promašenu ideju o jasnoj vezi otiska prsta i otiska glasa iznio je u svom radu „*Voiceprint Identification*“ (Hollien, 1990). Rezultati su se u okviru ove metode interpretirali na temelju spektrogramskih prikaza (engl. *bar voiceprint*) ili prikaza u obliku kontura koji se temelje na spektrogramima.



Zbog velikog interesa pobuđenoga ovom metodom, *voiceprinting* je ubrzo postao čvrst dokaz na sudu u SAD-u<sup>18</sup>. Nakon nekoliko završenih slučajeva, 1976 g. odbor *Akustičkoga društva Amerike* upozorio je na opasnost priznavanja ove metode kao legalnoga dokaza, s obzirom na to da metoda tada još uvijek nije bila dovoljno znanstveno istražena i procijenjena. U nadolazećem razdoblju uslijedilo je naglo i intenzivno kritiziranje metode kao (ponekad jedinoga) dokaznog materijala, a najveće kritike upućene su olakom i ishitrenom interpretiranju rezultata i pozivanju na analogiju *voiceprinting*-a i otiska prsta.

Iako je metoda još uvijek kontroverzna, možemo reći da danas ipak uživa pozitivniji ugled nego 70-ih godina. Prihvatile su se pozitivne strane ove metode i unaprjeđenjem tehnologije (softverskih alata, akustičke kvalitete snimki itd.) dodatno se nastoji razvijati mogući potencijal same metode. *Voiceprinting* i njezine inačice svoje mjesto vide ne samo u forenzičkoj znanosti već i u trgovini (identifikacija govornika preko telefona), medicini (razlikovanje urednih i patoloških govornih zvukova) itd. (Crystal, 2010).

U forenzičkoj fonetici rezultati provedenih analiza ponekad se interpretiraju u postotcima (identifikacije i prepoznavanja govornika), ali u novije vrijeme termin *stupanj probabilnosti* prevladan je *stupnjem tipičnosti* (u odnosu na opću populaciju) te *stupnjem sličnosti* (između analiziranih snimki). U stručnoj se literaturi gotovo uvijek naglašava da u forenzičkoj fonetici ne smijemo govoriti o 100%-tnoj identifikaciji govornika<sup>19</sup> na temelju akustičko-perceptivnih analiza govora. U izvještajima forenzičkoga laboratorija *JP French Associates* odavno se ne govori o postotcima u identifikaciji već se rezultati iznose i interpretiraju prema stupnjevitim iskazima (u kojima prvi stupanj predstavlja iskaz „Čvrsto vjerujem da je riječ o istoj osobi.“, a peti stupanj iskaz „Čvrsto vjerujem da nije riječ o istoj osobi.“).

### **1.2.2. Analiziranje formantskih frekvencija u forenzičkoj fonetici**

Suvremene forenzičko-fonetske analize danas se temelje na automatskim, poluautomatskim metodama prepoznavanja ili na općim fonetskim metodama (Harrison, 2013). Iako su brojne metode automatskoga prepoznavanja govornika već pokazale vrlo obećavajuće rezultate (iznad 95% točnosti pri prepoznavanju), većina se forenzičkih fonetičara u analizama oslanja na poluautomatske metode, koje osim računalnih automatskih izračuna za interpretaciju rezultata nužno zahtijevaju i perceptivnu (auralnu) procjenu barem dvoje stručnjaka. Baldwin i French (1990) naglašavaju da sve instrumentalne metode i rezultate ne možemo inkorporirati

---

<sup>18</sup> U SAD-u 1965. godine prvi je put donesena presuda prema kojoj je optuženik proglašen krivim na temelju *voiceprinting* metode.

<sup>19</sup> Danas možemo govoriti o 100%-tnoj identifikaciji osobe isključivo na temelju rezultata DNK analize.

u zaključak izolirano i bez slušnih procjena, već da se najbolji i najpouzdaniji rezultati postižu sinergijom tih dvaju pristupa.

U okviru općih fonetskih metoda, najčešće se spominje izolirano mjerenje pojedinih govornih parametara (npr. fundamentalne frekvencije, formantskih frekvencija, klasificiranje timbralnih karakteristika i sl.). Međutim, prema današnjim saznanjima o visokoj složenosti ljudskoga govora te varijacijama u govoru unutar jednoga govornika i među različitim govornicima<sup>20</sup>, ne možemo isključivo na temelju spektrograma tvrditi da dvije različite snimke pripadaju istoj osobi. Spektrogrami govora iste osobe mogu biti u potpunosti različiti, jednako kao što spektrogrami različitih osoba mogu biti vrlo slični (Baldwin & French, 1990).

Formantske analize uvijek uključuju procjene vrijednosti prvih dvaju formanata, kojima se u slučaju bolje kvalitete materijala, vrlo često pridružuje i treći formant. Ako je snimka govora visoke kvalitete i ako je snimljena u relativno tihim uvjetima bez ometajuće buke, u analizu se uvrštavaju i vrijednosti viših formanata, čime se osigurava veći broj informacija o govorniku. Temeljna je mjera prosječna procijenjena vrijednost formantskih frekvencija, koja se uglavnom tumači uz mjere minimalne i maksimalne vrijednosti, standardne devijacije te medijana.

Prema nekim autorima (Hollien, 1990; McDougal, 2004; Barreda, 2016) viši formanti (F3, F4 i F5) u potpunosti su lišeni lingvističkih informacija (koje sadržavaju F1 i F2) te su stoga dobar pokazatelj govornikovih idiosinkratičnih osobina i fizioloških karakteristika, dok neki poput Varošaneć-Škarić (u tisku)<sup>21</sup> smatraju da F3 nosi i dio lingvističkih informacija. McDougal (2004) naglašava da su viši formanti u manjoj mjeri pod utjecajem „biheioralnih i anatomskih varijacija“ govornika, dok su niži formanti dobar pokazatelj artikulacijskih razlika u oblikovanju vokalnoga trakta. Iako je formantsku analizu ponekad moguće provesti samo na F1 i F2, u stvarnim se forenzičkim slučajevima F3 pokazao kao jedan od pouzdanih parametara jer odražava govornikove idiosinkratične osobine (Hollien, 1990). Kod nekih je govornika treći formant vrlo ovisan o drugome formantu i redovito ga prati, dok je kod drugih govornika u potpunosti neovisan i vrijednosti mu se kreću izolirano od rasta ili pada vrijednosti F2.

---

<sup>20</sup> Varijacije u govoru jedne osobe u engleskome nazivaju se *intra-speaker variability*, dok se varijacije u govoru između više osoba, odnosno unutar skupine govornika nazivaju *inter-speaker variability*. Varijabilnost u govoru ogleda se u više parametara koji se mogu analizirati: boji glasa, fluentnosti, tempu, ritmu govora i dr.

<sup>21</sup> Knjiga *Forenzična fonetika*, prof. dr. sc. Gordane Varošaneć-Škarić, u tisku je i bit će objavljena u okviru izdavačke kuće *Ibis grafika*. Zahvaljujem prof. Varošaneć-Škarić koja mi je za potrebe izrade ove doktorske disertacije povjerila posljednji rukopis.

U stvarnim se forenzičkim slučajevima formanti mjere u različitim vrstama govornih stilova: u spontanome govoru, dijaloškoj formi, u formi simuliranoga intervjua, pri čitanju teksta itd. Većina dosad provedenih istraživanja bazirala se na analizama vokalskih i nazalnih formanata (u oralnim i nazalnim vokalima), a u posljednje je vrijeme sve veći broj radova u kojima se formantska analiza provodi u zvučnim stankama oklijevanja<sup>22</sup>. Zvučne su stanke oklijevanja pobudile veliki interes istraživača, ne samo zato što nam mnogo govore o samoj prirodi govora i poteškoćama u proizvodnji govora (Horga & Liker, 2016), već i zato što se pokazalo da ukazuju na govornikove društvene i regionalne karakteristike (Baldwin & French, 1990). Istraživanja su pokazala da su markeri oklijevanja također vrlo jak idiosinkratičan parametar, ponajviše zato što ih govornici vrlo dosljedno koriste (Künzel, 1987) i nisu ih svjesni. Zbog vrlo visokog postotka u točnosti prepoznavanja govornika (94% za engleski jezik i 84% za nizozemski) temeljenoj na formantskoj analizi markera oklijevanja, isti su se pokazali kao koristan akustički parametar u forenzičkoj fonetici (Van Heuven & Cortés, 2017).

U drugim radovima, utvrđeno je da u neformalnom govoru nismo svjesni zvučnih stanki oklijevanja te da su stanke uglavnom dulje od fonoloških segmenata (Jessen, 2008). Tako će primjerice glasnik šva [ə] u stanci [əəə] trajati duže nego vokal [a] u riječima [pàrk] ili [pâd]. Akustički gledano, jednostavnije ih je analizirati nego vokale, jer se potonji nalaze u vezanome govoru, dok stanke prethode šutnji, odnosno tišini ili se na nju nastavljaju. Time je smanjen koartikulacijski utjecaj okolnih glasnika što doprinosi i jednostavnijoj montaži zvuka i formantskoj analizi (Wood et al., 2014). Markeri oklijevanja različito se ostvaruju u različitim jezicima<sup>23</sup>, a neka su istraživanja pokazala da su razlike u načinu i mjestu upotrebe te vrsti markera primijećene i među spolovima (Van Heuven & Cortés, 2017). Prema studiji koju je provela Shriberg (1996) muškarci češće od žena upotrebljavaju zvučne stanke, dok u učestalosti drugih vrsta disflentnosti nisu primijećene spolne razlike.

---

<sup>22</sup> Engleski je naziv za zvučne stanke oklijevanja *hesitation markers*. Uz brzinu govora, duljinu fonetskih blokova, prazne stanke te koeficijent vremena govorenja, zvučne su stanke oklijevanja temeljne mjere govorne fluentnosti (Horga & Liker, 2016). Zvučne se stanke oklijevanja u literaturi još mogu naći pod nazivima *pune stanke* ili *nefonematizirani segmenti*, a Varošaneć-Škarić (u tisku) ih još naziva i *punjačima*.

<sup>23</sup> U engleskome je govornom području najčešće riječ o sljedećim stankama: [hmmm], [əmmm], [umm] i [əəə] (Clark & Fox Tree, 2002).

### 1.2.3. Referentne vrijednosti formanata

Stručnjaci iz područja forenzičke fonetike diljem svijeta, a ponajprije u Velikoj Britaniji, rezultate formantske analize uglavnom tumače u odnosu na referentne vrijednosti formanata kojima je predstavljena opća populacija koja koristi opći jezik (opći engleski - RP). Na temelju vrijednosti formanata većega broja govornika engleskoga jezika (podijeljenih prema spolu i dobi) izračunate su prosječne vrijednosti formanata ženskih i muških govornika u dobi od 18 do 50 godina. Prema tome, izgovor vokala pojedinoga govornika moguće je procijeniti i ocijeniti u odnosu na referentne vrijednosti formanata. U tom se slučaju izgovor osumnjičenika procjenjuje kao (ne)dijalektalan, otvoreniji/zatvoreniji, zaokruženiji, diftongiziran i sl., u odnosu na vrijednosti dobivene na općoj populaciji. U okviru zvučnih baza koristi se i *mjera omjera vjerojatnosti* (koja će se predstaviti u sljedećem poglavlju). Ona nam pojednostavljeno govoreći daje podatak o tome pripada li osoba čiji smo govor analizirali većinskoj populaciji ili ne te jesu li određeni jezični i govorni parametri prisutni u njenome govoru često ili rijetko prisutni u općoj populaciji.

Referentne vrijednosti formanata za pojedine jezike, ponekad su dobivene u okviru magistarskih i doktorskih radova, ali u većini jezika produkt su višegodišnjeg rada skupine istraživača (fonetičara, lingvista, fonologa, inženjera itd.) na zvučnoj bazi nekog jezika. Jedna od poznatijih zvučnih baza jest DyViS baza<sup>24</sup> koja je nastala u okviru višegodišnjeg DyViS projekta (Nolan, McDougal, De Jong, & Hudson, 2009). Bazu čine govorni zapisi 100 muških govornika standardnoga britanskog engleskog jezika, u dobi od 18 do 25 godina. Kod svih je govornika zabilježeno više govornih stilova (čitanje, spontani razgovor, telefonski razgovor itd.), od kojih je zastupljena i forma intervjua, karakteristična za stvarne forenzičke slučajeve. U bazi je u prosjeku dostupno 75 minuta govora po osobi, a 20 je osoba snimljeno i dva mjeseca nakon prvoga snimanja, u svrhu longitudinalnih studija i ispitivanja utjecaja vremenskoga odmak na analizirane akustičke parametre.

Zvučne baze pojedinih jezika mogu se koristiti i u svrhu provođenja kontrastivnih lingvističkih i fonetskih studija. Pritom se mogu analizirati različiti govorni i jezični parametri (poput prosječnih vrijednosti fundamentalne frekvencije, markera oklijevanja itd.), koji mogu i ne moraju biti jezično specifični. Time se doprinosi lingvističkom i fonetskom znanju o analiziranim jezicima i funkcioniranju jezika općenito.

---

<sup>24</sup> DyViS baza skraćeni je naziv za zvučnu bazu engleskoga jezika, koji dolazi od *Dynamic Variability in Speech*.

Na temelju prijašnjih istraživanja formantskih frekvencija u hrvatskome jeziku možemo zaključiti da su do sada istraživane razlike među spolovima, utjecaji naglasaka hrvatskoga standardnoga jezika na formante, prepoznavanje sintetiziranih vokala i druge akustičke teme. Međutim, do danas nije objavljen rad o referentnim formantskim vrijednostima vokala općega hrvatskoga jezika koji se temelji na većem broju govornika. Ti podatci, osim jasnoga doprinosa hrvatskoj fonetici i fonologiji, najviše pridonose razvijanju forenzičke fonetike u Hrvatskoj i osiguravanju polazišnoga znanstvenoga temelja za izgradnju zvučne baze te primjenu složenijih istraživačkih i forenzičkih fonetskih mjera.

#### 1.2.4. Mjera omjera vjerojatnosti

U forenzici je općeprihvaćeno da je logičan i pravno ispravan okvir za izražavanje rezultata u forenzičkim istraživanjima onaj koji kao rezultat ima tzv. *omjer vjerojatnosti* (engl. *likelihood ratio*) (Saks & Koehler, 2005). Za primjenu mjere *omjera vjerojatnosti* potrebna je zvučna baza koja će biti reprezentativan uzorak opće populacije. Usporedbom uzorka opće populacije i govora osumnjičene osobe, utvrđuje se koliki je omjer vjerojatnosti za pojavljivanje određenoga govornoga ili jezičnoga obilježja i određuje se stupanj tipičnosti pojedinoga obilježja (Gold, 2013). Populacijska statistika u obzir uzima reprezentativne uzorke u općoj populaciji, na temelju kojih je moguće primjerice odrediti postotak muških i ženskih govornika u određenoj dobi koji dijele određeno govorno obilježje.

Tako Hollien (1990) navodi da najveći postotak muških govornika u dobi od 20 do 60 godina ima raspon osnovnoga tona od 115 do 118 Hz. Na temelju toga podatka moguće je odrediti u kolikom je postotku opće populacije frekvencijski raspon osnovnoga tona osumnjičene osobe. Drugim riječima, možemo saznati koliki postotak govornika iz opće populacije dijeli isto glasovno obilježje. U analizu i procjenu eksperta može biti uključeno samo jedno govorno obilježje ili više njih, a rezultati se mogu prikazati brojčano ili opisno. Usporedbom dviju audio snimki određuju se stupnjevi sličnosti i tipičnosti fonetsko-lingvističkih parametara koje pojedinac ostvaruje u odnosu na opću populaciju.

U radu forenzičkoga fonetičara određuje se stupanj sličnosti dokaznoga materijala i govora osumnjičenika, pri čemu su moguće dvije hipoteze. Prva se hipoteza još zove i tužiteljska hipoteza<sup>25</sup> koja pretpostavlja da je isti govornik na govornim snimkama. S druge pak strane, prema hipotezi obrane ili alternativnoj hipotezi<sup>26</sup> na snimkama su različiti govornici (Rose,

---

<sup>25</sup> Engleski naziv za tužiteljsku hipotezu jest *prosecution hypothesis* ( $H_p$ ).

<sup>26</sup> Engleski naziv za hipotezu obrane jest *defence hypothesis* ili *alternative hypothesis* ( $H_d$ ).

2002). Snaga dokaznoga materijala mjeri se omjerom spomenutih vjerojatnosti: vjerojatnosti da je riječ o istom govorniku i vjerojatnosti da je riječ o različitim govornicima.

Mjera *omjera vjerojatnosti* uglavnom se koristi za analizu vokala i to iz dva razloga:

- jednostavno ih je ekstrahirati iz zvučnoga materijala i
- numeričke se vrijednosti mjere na njih mogu vrlo lako primijeniti.

Tipičnost i sličnost najčešće se procjenjuju na temelju frekvencijskih vrijednosti iz središnjega dijela<sup>27</sup> vokalskih formanata (Alderman, 2004; Zhang, Morrison, & Rose, 2005; Rose, 2010). U nekim su se radovima tipičnost i sličnost procjenjivale i na formantskim tranzijentima monoftonga i diftonga (Atkinson, 2009; Enzinger, 2010) te u dugotrajnim formantskim distribucijama (Becker, Jessen, & Grigoras, 2008; French, Foulkes, Harrison, & Stevens, 2012), no ipak rjeđe. Mjeru vjerojatnosti moguće je primijeniti i na nevokalskim govornim elementima (nazalima, lateralima, frikativima, u analizi VUG-a kod okluziva), ali u praksi je vrlo mali broj radova u kojima je istražena i ta tematika (Gold, 2013).

### 1.3. Odnos formanata i artikulacijskih pokreta

S obzirom na to da se produciraju velikom količinom energije, neki autori navode da su upravo vokali ti koji *nose* govor (Hollien, 1990). Iako su vokali nadkategorija kojom su obuhvaćeni monofonzi, diftonzi, triftonzi, nazalni vokali i drugi, u forenzičkim se fonetskim radovima uglavnom analiziraju monoftonški oralni vokali. Monofonzi se po definiciji ostvaruju zadržavanjem izgovornih organa u određenom položaju (u istom obliku i istoj veličini) tijekom faze držanja (Horga & Liker, 2016), a ta se nepromijenjenost artikulacijskoga prolaza tijekom izgovora, na spektrogramu odražava relativno stabilnim formantskim konturama.

Istraživači Haskins laboratorija u SAD-u, 60-ih godina prošloga stoljeća utvrdili su da je u procesu prepoznavanja vokala moguće odrediti glavnu ulogu prvih dvaju formanata (F1 i F2) (Crystal, 2010). Metodom govornoga sintetizatora, koja se zasniva na ideji da elektronički uređaj kombiniranjem različitih frekvencija, intenziteta i vremena generira zvuk, potvrđena je važnost vokalskih formanata i važnost VUG-a<sup>28</sup> pri razlikovanju zvučnih i bezvučnih konsonanata.

---

<sup>27</sup> Središnji dio formanata u stranoj se literaturi naziva *steady-state formant*.

<sup>28</sup> VUG je kratica za vrijeme uključivanja glasa, dok je engleska inačica VOT, odnosno *voice onset time*.

Prema brojnim autorima, najbolji način za opisivanje vokala nije artikulacijski opis, već opis njihovih akustičkih karakteristika (Hollien, 1990; Hayward, 2000; Titze, 2000; Ladefoged, 2003; Johnson, 2012). Artikulacijski opisi podliježu individualnim razlikama prilikom izgovora vokala te nekonzistentnosti između parova parametara: jezične (odnosno lingvističke) *visine* i *prednjosti* te izmjerene visine jezika i prednjosti tijekom produkcije samoga vokala, na što se upozorava i u forenzičkoj fonetici (Varošaneć-Škarić, u tisku). Vokale, za razliku od konsonanata, koje je artikulacijski po mjestu tvorbe jednostavnije opisati, najčešće opisujemo prema sljedeća tri obilježja:

- mjestu artikulacije (mjesto najvećega suženja u vokalnome traktu),
- visini jezika (količina suženja vokalnoga trakta) i
- zaokruženosti ili raširenosti usana (Hollien, 1990).

Osim po kriterijima prednjosti/stražnjosti, otvorenosti/zatvorenosti (odnosno visini jezika) te stupnju zaokruženosti (širenju usana) (Hollien, 1990; Hayward, 2000; Johnson, 2012), vokale možemo opisivati i prema sporednim vokalskim kriterijima koje dodaje Hayward (2000): stupnju nazalnosti i rotičnosti.

Akustički korelati vokalskih obilježja (prednjost i otvorenost) koristili su se stoljećima, a postali su očiti pojavom zvučnoga spektrografa (Joos, 1948; prema Johnson, 2012). Većina će se stručnjaka složiti da su najznačajnije akustičke karakteristike vokala njihovi formanti, čije se vrijednosti danas mogu relativno jednostavno procijeniti i opisati na temelju spektrogramskih prikaza. Iz tih je prikaza govorni zvuk, pa time i vokale, moguće opisati i analizirati prema trima temeljnim odrednicama: vremenu, frekvenciji i intenzitetu.

Prema autorima koji se pretežno bave artikulacijskim aspektima ljudskoga govora, naglašava se da odnos formanata i pomaka jezika nije toliko jednoznačan kao što se predstavlja u literaturi (Kent & Read, 2002; Harrington, 2013) te da je daljnjim istraživanjima potrebno precizirati odnos između artikulacijskih gesta i akustičkoga signala (Horga & Liker, 2016). Rezultati nekih istraživanja pokazali su da je u slučajevima u kojima nije pronađena korelacija između F1 i vertikalnih pomaka jezika te između F2 i horizontalnih pomaka jezika, utjecaj koartikulacije bio izrazit te da je došlo do uspostavljanja *motoričke ekvivalencije* u kojoj su bile uključene i druge strukture osim jezika (Dromey, Jang & Hollis, 2013).

Druga skupina autora napominje da se pomaci u formantskim frekvencijama te vokalski trapezi kod različitih govornika ili skupina govornika trebaju tumačiti u skupini te analizirati

na razini referentnih vrijednosti za pojedini jezik, a ne pojedinačno (Brown & Watt, 2017). Odnosno, ističe se da nam pojedinačne vrijednosti formanta ne govore mnogo niti o jeziku kojim netko govori, niti o govorniku samome, ako se ne stave u širi kontekst na temelju kojega se mogu tumačiti rezultati provedene studije.

Prema Harringtonu (2013) odnos formanta i različitih oblika vokalnoga trakta može se opisati na temelju četiriju općih načela:

- svi dijelovi vokalnoga trakta utječu na formantske frekvencije i formanti su ovisni o cjelokupnom obliku čitavoga govornoga sustava,
- najviše vrijednosti F1 postižu se pri izgovoru vokala kod kojega je glavno suženje netom iznad larinksa, a usna je šupljina širom otvorena (povećano suženje u usnoj šupljini dovodi do sniženja F1),
- najviše vrijednosti F2 postižu se pri izgovoru vokala kod kojega je suženje nastalo u prednjem dijelu u prostoru između nepca i jezika (suženje u što prednjem dijelu dovodi do povišenih vrijednosti F3 i F4, odnosno uslijed skraćivanja izgovornoga prolaza, dok se vrijednosti F2, F3 i F4 snižavaju što je mjesto suženja više pomaknuto prema straga; najniže su vrijednosti F2 kad je sužen gornji dio farinksa) i
- svako produžavanje vokalnoga trakta dovodi do sniženja vrijednosti formanta, najznačajnije vrijednosti F3 kod prednjih vokala i F2 kod stražnjih vokala.

### **1.3.1. Prvi formant**

Prema mišljenju većine autora, vokali se mogu vrlo precizno opisati pomoću vrijednosti prvih triju formanta (F1, F2 i F3) (Hollien, 1990; Hayward, 2000; Ladefoged & Ferrari Disner, 2012; Varošanec-Škarić, u tisku). Opće je poznato da vrijednosti prvoga formanta povezujemo s obilježjima otvorenost/zatvorenost, a na njih utječu:

- mandibularni pokreti (otvaranje i zatvaranje čeljusti),
- položaj jezika (položaj jezika prema prednjem ili stražnjem dijelu usne šupljine) te
- faringalno stezanje (sužavanje ili širenje farinksa).

Niže vrijednosti prvoga formanta javljaju se kod zatvorenijih vokala, prednije položenoga jezika te uslijed širenja farinksa (Lindblom & Sundberg, 1971; Laver, 1980; Hollien, 1990; Hayward, 2000; Ladefoged, 2003; Erickson, 2004; Ladefoged & Ferrari Disner, 2012; Klug, 2014). Spuštanjem larinksa te protruzijom i zaokruživanjem usana dolazi do snižavanja vrijednosti svih formanta, pa tako i F1 (Klug, 2014), zbog toga što dolazi do produljivanja



vokalnoga trakta za prostor isturenih i zaokruženih usana. Ako se osvrnemo na nemodalne fonacijske vrste, možemo reći da škripavi glasovi imaju uobičajeno više vrijednosti F1 (uslijed podizanja larinksa), dok šumni glasovi imaju niže vrijednosti F1.

Osim u govoru, vrijednosti formanta u pojedinim su radovima analizirane i u pjevanju. Naime, praćenjem kretanja vrijednosti formanta u pjevanju, pokazalo se da povišena pozicija larinksa dovodi do povišenja frekvencija F1 kod otvorenih vokala (Sundberg & Nordström, 1976). U drugoj provedenoj studiji (Chan & Nolan, 2016) ispitan je odnos tonske  $F_0$  i vokalskih formanta u kantonskom i mandarinskom kineskom. Rezultati su pokazali da je korelacija između ispitivanih parametara vrlo mala ili je nema. Drugim riječima, autori su zaključili da su skraćivanjem (ili produžavanjem) vokalnoga trakta (ponajviše faringalne šupljine) uslijed povišene (ili snižene) pozicije larinksa, frekvencijske vrijednosti formanta ostale nepromijenjene ili su se minimalno promijenile, što upućuje na to da su konture  $F_0$  i formantske frekvencije u velikoj mjeri neovisni te da ton i vokali podliježu različitom koartikulacijskom utjecaju (Chan & Nolan, 2016). U studiji u kojoj su analizirani koartikulacijski utjecaji na različite formante vokala (Paillereau, 2016) rezultati su pokazali da je koartikulacija imala najslabiji učinak na prvome formantu, odnosno F1 pokazao se kao najotporniji i najstabilniji formant.

### **1.3.2. Drugi formant**

S obzirom na to da na kretanje drugoga formanta utječe izgovorno obilježje prednjosti, odnosno stražnjosti, F2 je viših vrijednosti što je vokal predniji, a nižih što je mjesto tvorbe vokala pomaknuto prema straga (Gordon & Heath, 1998; Erickson, 2004; Varošanec-Škarić, 2005; Johnson, 2012). Niže će vrijednosti drugi formant imati i uslijed protruzije i zaokruživanja usana (Lindblom & Sundberg, 1971; Alotaibi & Hussain, 2010), dok će se širenjem usana vrijednosti povisiti. Iako spuštanje larinksa u govoru i pjevanju dovodi do snižavanja vrijednosti svih formanta (Sundberg & Nordström, 1976), Klug (2014) naglašava da je F2 najosjetljiviji od svih formanta. U literaturi se vrlo često prednjost/stražnjost vokala procjenjuje isključivo na temelju vrijednosti drugoga formanta, no Stevens (1998) upozorava da na stupanj prednjosti/stražnjosti određenoga vokala utječe i relativan odnos drugoga i trećeg formanta.

Osim odnosa F2 i F3, u studijama se razmatrao i odnos prvih dvaju formanta. S obzirom na to da su prosječne vrijednosti formanta uobičajeno više kod žena nego kod muškaraca, očekivano je i veća razlika između vrijednosti procijenjenih kod F1 i F2 u skupini ženskih

govornika. Gordon & Heath (1998) tu su razliku analizirali u engleskome jeziku, a rezultati studije ukazali su na spolne razlike kod svih vokala. Naime, kod prednjih je i središnjih vokala utvrđena značajna razlika između F1 i F2 razlike u skupinama muškaraca i žena, osim kod stražnjih vokala, gdje je razlika zanemariva.

### 1.3.3. Treći formant

Opće je poznato da na frekvencijske vrijednosti trećega formanta utječe laringalna napetost i sam položaj larinksa. Što je veća napetost i viši položaj larinksa, to su njegove vrijednosti više, upravo zato što se skraćuje duljina vokalnoga trakta i glasnice postaju napetije. Izražen utjecaj na F3 imaju i protruzija te zaokruženost usana, prilikom kojih dolazi do snižavanja vrijednosti trećega formanta (Lindblom & Sundberg, 1971; Ladefoged, 2003; Gold, French, & Harrison, 2013; Klug, 2014). Iako su istraživanja pokazala da F3 istovremeno nosi dvije vrste informacija: one o vokalskoj kvaliteti i one o timbralnim karakteristikama govornika samoga, neki autori F3 svrstavaju u više formante (uz F4 i F5). Viši se formanti uglavnom tumače s obzirom na timbar, fiziološke karakteristike govornika i sl. (Barreda, 2016). Prema nekim autorima, za opis vokala engleskoga jezika nužne su samo vrijednosti prvih dvaju formanta, dok je za distinkciju rotičnoga vokala, obojenog glasnikom [r]<sup>29</sup> te prednjih vokala u analizu potrebno uključiti i vrijednosti F3 (Lindau, 1978; Ladefoged, 2003; 2013).

U forenzičkoj fonetici prilikom procesa prepoznavanja govornika najveću diskriminatornu ulogu ima treći formant jer nam daje najviše informacija o govorniku (Gold et al., 2013). Za pretpostaviti je da se F3 istaknuo kao presudan u usporedbi s nižim formantima (F1 i F2), jer su upravo prva tri formanta najčešće akustički dostupna za analizu u dokaznome govornom materijalu.

Osim što je (u studiji provedenoj na muškim i ženskim glasovima) potvrđena tendencija povišenja frekvencijskih vrijednosti formanta vokala izgovorenih šaptom, u odnosu na fonirane vokale, iznjedrena je i nova uloga trećega formanta (Halberstam & Raphael, 2004). Naime, rezultati su pokazali da je F3 važniji za prepoznavanje vokala izgovorenih u šaptu nego za fonirane vokale. Na temelju navedenoga autori zaključuju da je F3 ključan u govornim situacijama u kojima nemamo informaciju o fundamentalnoj frekvenciji, o čemu su ranije pisali Nusbaum & Morin (1992).

---

<sup>29</sup> Rotični vokal u američkome engleskom ostvaruje se primjerice u izgovoru riječi /bird/.

#### 1.3.4. Koartikulacijski utjecaji

U ranijim fazama akustičkih mjerenja analizirane su vrijednosti F1 i F2 s ciljem pobližeg opisa urednoga govora, kao i različitih vrsta poremećaja (iz)govora (Liss & Weismer, 1992; Dromey, Nissen, Roy, & Merrill, 2008; Dromey et al., 2013). Tijekom kontinuiranoga govora, u istome se trenutku preklapaju pokreti različitih artikulatora, koji utječu jedan na drugoga (Farnetani & Recasens, 2013). Time postaje jasno da je konfiguracija vokalnoga trakta za vrijeme cijeloga trajanja govora pod utjecajem višestrukih govornih segmenata, što i definira samu koartikulaciju.

Koartikulacijski tragovi akustički su vidljivi i mjerljivi u spektrogramskim prikazima, ali u različitoj mjeri. S obzirom na to da su koartikulacijski utjecaji uglavnom nečujni, o njima više saznajemo dolaskom fizioloških i akustičkih metoda u posljednjih 40-ak godina. Jedan od vidljivih pokazatelja koartikulacijskih utjecaja jesu tranzijenti<sup>30</sup> ili tranzijentska područja. Definiramo ih kao akustičke prijelaze od jednog glasnika do drugoga u kontinuiranom govoru (Hollien, 1990), prema središnjem stabilnome dijelu vokala i od njega. U tranzijentskom području jasno su vidljivi koartikulacijski utjecaji okolnih glasnika na vokal, međutim njihov je utjecaj prisutan i u stabilnome dijelu formantskih kontura svakoga vokala (Hollien, 1990).

Sve su artikulacijske geste, pa tako i gesta za izgovor vokala, pod utjecajem drugih gesta koje joj prethode ili koje iza njih slijede. Preklapanje dviju ili više artikulacijskih gesta naziva se koartikulacija (Hollien, 1990). S obzirom na to da je svaka artikulacijska gesta ovisna o svojim susjednim fonetskim okruženjima, možemo govoriti o *koartikulaciji unaprijed* i *unazad*, od kojih prvi pojam podrazumijeva utjecaj glasnika na glasnik koji iza njega slijedi, dok se drugi odnosi na utjecaj glasnika na onaj koji mu prethodi. Koartikulacijski proces u najvećoj mjeri ovisi o mjestu i načinu na koji je svaki od glasnika ostvaren u vokalnom traktu te o njihovome slijedu u govoru.

Snagu koartikulacijskih utjecaja potvrđuje i uspješnost identificiranja konsonanata u CVC sljedovima, isključivo na temelju prvoga vokala u slijedu i njegovih tranzijenata (Hollien, 1990). Tim se postupkom dekodiranja materijala u forenzičkoj fonetici može pretpostaviti govor koji je u snimci bio maskiran nekom bukom ili govor koji se nalazio na dijelu snimke koji je bio oštećen (Rose, 2002).

---

<sup>30</sup> U višebrojnim studijama u forenzičkoj fonetici, formantske vrijednosti iz tranzijentskih područja pokazale su se vrlo korisnima, posebice kod diftonga i triftonga, na temelju kojih su u analizi prepoznavanja govornika dobiveni najbolji rezultati (Sutton, 2016).

Opće je poznato da formanti nose brojne informacije o (ko)artikulacijskim pokretima, ali ne i sve (Mermelstein, 1967). Tako se primjerice iste vrijednosti formanata mogu iščitati iz dvaju različitih artikulacijskih pokreta, od kojih je u jednome određen dio vokalnoga trakta fiksiran, dok drugi nadoknađuje fiksiranost preoblikovanjem preostalog dijela vokalnoga trakta. Promjenama oblika vokalnoga trakta mogu se nadomještati razlike u duljini vokalnoga trakta, što u konačnici dovodi do jednakih vrijednosti formanata. Drugim riječima, različita duljina vokalnoga trakta ne mora nužno rezultirati različitim formantskim vrijednostima (Erickson, 2004). Istu problematiku također razmatraju Diehl i sur. (1996), napominjući da je uobičajeno vokalni trakt kod žena kraći od onoga kod muškaraca, ali da iz toga ne proizlazi da će 20% duži trakt rezultirati 20% višim vrijednostima formanata. Varošanec-Škarić (2005) iznosi podatak da je izgovorni prolaz muškaraca za 9,55% duži od izgovornoga prolaza u žena. Autorica također napominje da razlike u vrijednostima formanata između muškaraca i žena nisu uvjetovane isključivo duljinom vokalnoga trakta, već i građom, veličinom te odnosom veličina rezonantnih šupljina.

Kada govorimo o koartikulaciji i njezinom značaju u proizvodnji govora, važno je istaknuti da različiti govornici koartikuliraju u različitoj mjeri i na različite načine. Govornici koji imaju namjeru zvučati učenije i obrazovanije ili žele prikriti svoj identitet (čemu često pribjegavaju osumnjičenici u stvarnim forenzičkim slučajevima), nastojat će uspostaviti veću kontrolu nad izgovorom i manje će koartikulirati. Drugi će pak govornici, što zbog lijenosti u izgovoru, što zbog nedostatne dikcije ili pak ležernoga razgovornog stila prečesto koartikulirati i u (iz)govoru će biti maksimalno ekonomični. Govornici mogu koartikulirati i na različite načine, pa će tako neki govornici više koartikulirati unaprijed, dok drugi više podliježu koartikulaciji unazad<sup>31</sup> (Tschäpe, Jessen, & Gfroerer, 2017). Prema tome, akustičke mjere jezične aktivnosti valjalo bi s oprezom interpretirati, jer je u povezanome govoru (zbog koartikulacijskih utjecaja, motoričke ekvivalencije te individualnih razlika) odnos jezičnih pokreta i formanata znatno složeniji.

#### **1.4. Odnos akustičkih i općih somatskih obilježja**

Opće je poznato da ljudski glas nosi brojne indeksikalne informacije o fizičkim i društvenim karakteristikama govornika (Labov, 1972). Iako su prijašnja istraživanja na temu korelacije

---

<sup>31</sup> Osim naziva hipo- i hiperkoartikulacija u literaturi se još spominje i nazivlje hipo- i hiperkorektnost, koje je pojmovno nešto širega opsega te obuhvaća i suprasegmentalnu razinu. Tako govornici osim prečestoga (hipokorektnost) ili prerijetkoga (hiperkorektnost) provođenja asimilacijskih pravila, provode nepotrebne i pogrešne metatakse i/ili metatonije, vjerujući da je upravo taj naglasni oblik standardan.

akustičkih i općih somatskih obilježja govornika vrlo kontroverzne prirode (Künzel, 1989), većina autora složila se da dvije najbitnije informacije o govornikovoј fizionomiji vokalnoga trakta nose fundamentalna frekvencija ( $F_0$ ) te formantske vrijednosti (González, 2006). Iako govornik može svjesno utjecati na promjene  $F_0$ , u duljem su govornom zapisu prosječne vrijednosti fundamentalne frekvencije određene duljinom i masom glasnica (Titze, 1989). U drugim je radovima iz forenzičke fonetike potvrđeno da govornici u vrlo maloj mjeri mogu utjecati na vrijednosti formantskih frekvencija (Hollien, 1990; Rose, 2002; Harrison, 2013). Iako pojedini govornici pribjegavaju manipulacijama i pokušajima prikrivanja glasa, na duljem govornome odsječku posustaju jer nisu u mogućnosti istovremeno maskirati svoj govor na više različitih razina i sadržajno oblikovati svoj iskaz.

#### 1.4.1. Fundamentalna frekvencija

Fundamentalna je frekvencija jedna od temeljnih odrednica ljudskoga govora. S obzirom na to da se svrstava u akustičke mjere, u literaturi se najčešće definira kao broj vibracija glasnica (otvaranja i zatvaranja) u jednoj sekundi. Tako primjerice, glasnice koje vibriraju 110 puta u sekundi, titraju frekvencijom od 110 Hz. Fundamentalna se frekvencija akustički najčešće opisuje uz pomoć termina *harmonik*<sup>32</sup>. Ako harmonike definiramo kao sinusoidne elemente kompleksnih periodičkih valova ljudskoga govora, frekvencijski najniži harmonik jest fundamentalna frekvencija (Hayward, 2000). S obzirom na to da se u akustičkim mjerenjima i eksperimentalnoj fonetici općenito češće rabi mjera fundamentalne frekvencije, harmonici se znaju definirati i kao umnošci  $F_0$  (Hollien, 1990). Što je veća frekvencijska udaljenost između pulsacija glasnica, to je viša vrijednost  $F_0$ . Prema tome, pogledamo li spektrogramske prikaze uske analize opazit ćemo da su harmonici kod većine dječjih glasova najudaljeniji, da su kod većine ženskih glasova manje udaljeni, ali i dalje više nego kod većine muških glasova.

Kada govorimo o fundamentalnoj frekvenciji, valja napomenuti razliku između nje same i njezinoga psihoakustičkog korelata, percepcije visine tona (engl. *pitch*) (Baldwin & French, 1990; Braun, 1995; Hayward, 2000; Lindh, 2017). U fonetskim statusima u forenzičkoj fonetici visina se glasa određuje na skali od jedan do tri (primjerice u forenzičkome laboratoriju *JP French Associates*) ili na skali od jedan do pet (Varošaneć-Škarić, 2010: 110), pa se nečiji glas procjenjuje kao (vrlo visok), visok, srednje visok, dubok (ili vrlo dubok). Na temelju akustičkih mjerenja iznose se prosječne vrijednosti fundamentalne frekvencije

---

<sup>32</sup> Ponekad se u literaturi spominju i engleski nazivi *harmonic overtones* i *harmonic partials*.

izmjerene na duljem govornom odsječku ili primjerice, vrijednosti  $F_0$  izmjerene u ciljanoj riječi.

S obzirom na to da je fundamentalna frekvencija rezultat brzine i načina vibriranja naših glasnica, njezine se vrijednosti razlikuju od osobe do osobe, a posebice među spolovima. Fonetske razlike između muškaraca i žena uvjetovane su spolnim dimorfizmom, koji se odnosi na razlike u anatomiji vokalnoga trakta te na razvojne stadije – pubertet prije svega (Gordon & Heath, 1998). Budući da su glasnice dulje i deblje, a vokalni trakt u većini slučajeva dulji kod muškaraca nego kod žena, muški glasovi imaju gotovo upola nižu  $F_0$  (Titze, 2000), niže vrijednosti formantata (Huber et al., 1999) te uže područje formantnih frekvencija ( $D_f$ ) nego žene (Puts et al., 2007). Titze (1989) navodi da su glasnice za 60-ak% dulje kod muškaraca, što rezultira 75-90% nižom frekvencijom osnovnoga tona. Škarić (1991) navodi još preciznije vrijednosti<sup>33</sup>, prema kojima je duljina glasnica kod muškaraca u rasponu od 17 do 24 mm, a kod žena od 13 do 17 mm. Kao što je već spomenuto, na kretanja  $F_0$  djeluje i razina hormona, pa je tako istraživanjem provedenome na 69 žena (Bryant & Haselton, 2008) dokazano da žene tijekom ovulacije imaju značajno višu fundamentalnu frekvenciju<sup>34</sup> u odnosu na druge dijelove menstrualnoga ciklusa.

Budući da je frekvencija kojom glasnice titraju viša, što su glasnice kraće, napetije i tanje, kod djece nailazimo na prosječno najvišu  $F_0$  (oko 300 Hz), srednje visoku  $F_0$  imaju žene (oko 200 Hz), a najniže vrijednosti zabilježene su kod muškaraca (oko 100 Hz) (Lee, Potamianos & Narayanan, 1999; Torre & Barlow, 2009). Longitudinalnim studijama utvrđeno je da se vrijednosti  $F_1$ - $F_3$  dodatno snižavaju starenjem, pa su prema tome najniže vrijednosti formantata zabilježene kod muškaraca starije dobi. U drugoj pak studiji snižavanje vrijednosti uslijed starenja potvrđeno je samo za akustičke parametre  $F_0$  i  $F_1$ , dok za  $F_2$  i  $F_3$  nisu zabilježene statistički značajne razlike (Reubold, Harrington, & Kleber, 2010).

Kada govorimo o frekvenciji osnovnoga tona posebnu skupinu čine adolescenti. Adolescenti se u većini akustičkih studija izuzimaju iz uzorka, zbog neprestanih perturbacija  $F_0$  u govornome signalu, na što upozoravaju brojni autori (Harries, Walker, Williams, & Hughes, 1997; Huber et al., 1999; Feinberg, Jones, Little, Burt, & Perrett, 2005). Zbog hormonalnih promjena do kojih dolazi u ovome periodu, vokalni se trakt mijenja i kod dječaka i kod

---

<sup>33</sup> S obzirom na to da autor u radu ne spominje metodološke pojedinosti, na temelju navedene informacije o duljini glasnica nije poznato je li podatak dobiven na temelju vlastitoga istraživanja i ako je, koje su metodološke pojedinosti.

<sup>34</sup> U istraživanju nije potvrđena statistički značajna razlika u formantskoj disperziji ( $D_f$ ) u usporedbi ovulacije i drugih dijelova menstrualnoga ciklusa (Bryant & Haselton, 2008).

djevojčica. U istraživanju provedenom na 436 djece (5-17 godina) i 56 odraslih analizirane su promjene u trajanju, fundamentalnoj frekvenciji, formantnim frekvencijama i spektralnoj ovojnici (Lee et al., 1999). Rezultati studije pokazuju da razlikovanje  $F_0$  i formantnih frekvencija između muškoga i ženskoga spola počinje oko 11. godine, a razlika se u potpunosti utvrđuje oko 15. godine. U srednjoj i kasnoj fazi adolescencije vokalni trakt kod dječaka i djevojčica sazrijeva i raste različitom brzinom, a kod djevojaka se rast usporava ranije nego kod dječaka (Lee et al., 1999). Crystal (2010) navodi da se u adolescentskom razdoblju dječacima glasnice produlje za 10-ak mm, a djevojkama tek za 3 do 4 mm. Autor također navodi informaciju da se dječacima u pubertetu glas snizi za cijelu oktavu, dok se kod djevojaka niže vrijednosti snize za trećinu oktave, a više tek za nekoliko tonova.

Druga studija provedena na 26 dječaka pokazala je da do vokalnih promjena dolazi u ranom pubertetu i to prije glasovnih mutacija, odnosno pucanja glasa (Harries et al., 1997). Promjene nastupaju zbog većega kapaciteta pluća, duljenja i širenja vrata (što dovodi do spuštanja larinksa) te povećanja vokalnoga trakta i rezonantnih šupljina. Rezultati provedene studije ukazuju na jaku korelaciju između vrijednosti fundamentalne frekvencije te veličine testisa u pubertetu, ali ne i razine testosterona, kao što se prije vjerovalo (Fitch & Giedd, 1999; Feinberg et al., 2005). Autori naposljetku zaključuju da su glasovne promjene povezane s određenim stadijem puberteta, a ne s kronološkom dobi.

Kod dječaka su u pubertetu najčujnije glasovne promjene snižavanje osnovnoga tona, dok je kod djevojaka izraženija promjena dinamike i timbra. Glas kod djevojčica postaje snažniji i većega intenziteta, a boja glasa od djetinjega dolazi do punijega i vibrantnijega (Crystal, 2010). Valja napomenuti da promjene nastupaju postepeno. Mutacijsko razdoblje kod dječaka traje od tri do šest mjeseci, dok kod djevojčica može potrajati i duže.

Braun (1995) navodi da na vrijednosti fundamentalne frekvencije mogu utjecati tri faktora:

- *tehnički* (uvjeti snimanja, vrsta snimača, vrste snimki),
- *fiziološki* (rasa, starost, različite životne navike: pušenje, konzumacija alkoholnih pića, upotreba droga, operacijski zahvati na nekom dijelu vokalnoga trakta) te
- *psihološki* (stres, laganje, depresija, shizofrenija, doba dana: jutro/popodne/večer).

U svakodnevnoj komunikaciji, a posebice u eksperimentalnim uvjetima (ne)svjesno dolazi do oscilacija u vrijednostima fundamentalne frekvencije. Do vrlo velikih promjena dolazi pod utjecajem snažnih emocija, kao što su sreća i ljutnja, koje su vrlo često popraćene i većim

govornim intenzitetom. Tako su primjerice neka istraživanja pokazala da vrijednosti fundamentalne frekvencije u govoru rastu ako je govornik u strahu, pod stresom<sup>35</sup> ili ako je ljut, dok su vrijednosti niže ili nepromijenjene ako je pod nekim drugim emocijama kao što su ravnodušnost, zavist itd. (Fairbanks & Pronovost, 1939; Hicks, 1981; Baldwin & French, 1990; Hollien, 1990).

U brojnim je jezicima već odavno poznata i dostupna tzv. *populacijska statistika* koja je oblikovala fonetske parametre prema kriterijima spola i starosti. Tako je primjerice poznato da se u Engleskoj prosječna  $F_0$  kod muških govornika u dobi od 20 do 60 godina kreće od 115 do 118 Hz (Baldwin & French, 1990). Na temelju tih podataka moguće je odrediti je li govornik sa snimke u stvarnom forenzičkom slučaju osoba s vrlo učestalim vrijednostima  $F_0$  ili primjerice dijeli obilježje vrlo niske  $F_0$  s malim brojem ljudi. Populacijska se statistika u forenzičkoj fonetici koristi u okviru mjere *omjera vjerojatnosti*, koja je objašnjena u *poglavlju 1.2.4*.

U brojnim je radovima potvrđena pozitivna korelacija između visokih vokala i visoke  $F_0$  (Gordon & Heath, 1998; Hayward, 2000). Naime, pri izgovoru prednjih vokala prosječna je  $F_0$  značajno viša negoli pri izgovoru srednjih i stražnjih vokala. Istraživanjima na međujezičnoj razini potvrđeno je da je riječ o univerzalnom jezičnom fenomenu, u čijoj podlozi stoji automatska i nevoljna povezanost podignutoga tijela jezika i bržeg titranja glasnica<sup>36</sup> (Whalen & Levitt, 1995). Rezultati ovoga istraživanja dobiveni su na temelju analize podataka iz ukupno 31 jezika (među njima i tzv. srpsko-hrvatskoga), od kojih njih čak 11 pripada svjetskim najvećim jezičnim porodicama (Crystal, 2010).

U nekim istraživanjima analizirao se utjecaj promjene vrijednosti  $F_0$  na percepciju vokalske boje. Rezultati provedenih studija pokazali su da vrijednosti fundamentalne frekvencije direktno i indirektno utječu na percepciju vokalske kvalitete (Gottfried & Chew, 1986; Barreda & Nearey, 2012). Naime, utvrđeno je da manipuliranjem frekvencije osnovnoga tona u istome vokalu dolazi do razlike u percepciji vokalske kvalitete (Barreda & Nearey, 2012), tako da se isti vokal percipira kao neki drugi, ako dođe do promjene u vrijednostima fundamentalne frekvencije (Gottfried & Chew, 1986).

---

<sup>35</sup> Osim povišenjem  $F_0$ , stres se može očitovati i drugim glasovnim i/ili govornim pojavama poput: nepravilnih o(be)zvučavanja, nepravilnog rada glasnica ili čak vokalnog tremora (Hicks, 1981).

<sup>36</sup> Frekvencijska je razlika u Hz veća kod žena, a u polutonovima kod muškaraca (Whalen & Levitt, 1995).



### 1.4.2. Korelacija između akustičkih i antropometrijskih parametara

Devedesetih godina prošloga stoljeća nastupila su istraživanja u kojima se razmatrao odnos akustičkih parametara (prije svega formantskih frekvencija i fundamentalne frekvencije) i temeljnih antropometrijskih (spol, tjelesna masa i visina, duljina vokalnoga trakta). Fitch u svoja tri rada (Fitch, 1994; 1997; Fitch & Giedd, 1999) predlaže mjeru *formantske disperzije* (ukratko obrađena u poglavlju 1.1.3.1.) na temelju koje razlaže ideju da formantske frekvencije pružaju informacije o tjelesnoj visini i težini govornika. U nastupnome razdoblju ispitivala se Fitcheva hipoteza na ljudskome govoru. Vrlo je malim brojem istraživanja potvrđena (i to slaba) pozitivna korelacija između formantskih frekvencija i tjelesne mase te duljine vokalnoga trakta kod ljudi (Van Dommelen & Moxness, 1995; Collins, 2000). Većina istraživanja kojima je razmatrana ista problematika, pokazala su da različita duljina vokalnoga trakta ne mora nužno rezultirati različitim formantskim vrijednostima (Erickson, 2004; González, 2006; Barreda, 2016 itd.). Autori pretpostavljaju da razlog leži u različitom obliku i obujmu svih govornih šupljina kod različitih govornika, koje zajedno s čimbenikom duljine govornoga prolaza, značajno određuju vrijednosti formanata.

U fonetskim se radovima o složenosti ljudskoga vokalnog trakta pisalo i ranije, a intenzivno nakon objave Fitchevog rada o  $D_f$  mjeri. Ljudski je vokalni trakt daleko fleksibilniji i složeniji od onoga u drugih sisavaca, zbog čega je Fitcheva prepostavka o direktnoj vezi između vokalnoga trakta i  $D_f$  mjere kod rezus majmuna i ljudi vrlo oštro kritizirana. González (2006) napominje da ljudi svjesno upravljaju laringalnom motoričkom aktivnosti, dok je ona kod primata nesvjesno upravljana te je gotovo uvijek regulirana emocijama. Filogenetski gledano, larinks se u ljudi spustio iz prethodne pozicije na kraju usne šupljine te se smjestio u nižem dijelu vokalnoga trakta, između dušnika i korijena jezika (Flügel & Rohen, 1991). Na taj je način, pozicioniranjem u gornjem i anteriornom dijelu vrata omogućeno slobodnije kretanje jezika naprijed – nazad (Lieberman, 1968), što je dovelo do daljnjega razvoja (iz)govora. Fitch (1994) dobivene rezultate prema kojima dulji vokalni trakt rezultira nižim vrijednostima formanata tumači u okviru teorije evolucije. Autor se vodi tezom da niže vrijednosti formanata daju dojam veće govornikove tjelesne mase i visine, te zbog toga pretpostavlja da mogući razlog spuštanja larinksa kod ljudi leži u povećavanju dojma o tjelesnoj veličini govornika s čime se slaže i González (2006).

U drugim studijama ispitana je korelacija formantskih frekvencija i tjelesne visine i mase. Rezultati studije González (2006) provedene na 82 izvorna govornika španjolskoga jezika

pokazali su da su za visinu i masu ženskih govornika najinformativniji parametri F2 i F3, i to kod prednjih vokala [i] i [u] te kod centralnog vokala [a]. Kod muških je govornika F2 kod vokala [e] visoko korelirao s fizičkom visinom, a F4 kod vokala [o] s tjelesnom masom. Generalni rezultati ove studije ukazuju na slabu pozitivnu korelaciju formantskih frekvencija i tjelesne veličine kod ljudi.

Iako se 80-ih godina (Majewski, Hollien, & Zalewski, 1972; Morton, 1977; Laver & Trudgil, 1979) tvrdilo da je fundamentalna frekvencija akustički parametar koji nam direktno ukazuje na govornikovu tjelesnu veličinu, kasnija su istraživanja utvrdila da unutar svakoga spola, nema značajnih korelacija između  $F_0$  i govornikove tjelesne građe (Lass, 1978; Künzel, 1989; Van Dommelen, 1993). Korelacija percipije visine i mase govornika te fundamentalne frekvencije ispitana je različitim studijama koje su provedene na prirodnom, sintetiziranom i/ili resintetiziranom govoru (Fitch, 1994; Collins, 2000; Barreda & Nearey, 2012). Künzel (1989) je na temelju istraživanja provedenoga na 105 muških i 78 ženskih glasova (starosti od 19 do 61 godine) potvrdio pozitivnu korelaciju između visine i mase govornika. Međutim, između akustičke mjere  $F_0$  i fizičkih karakteristika govornika nije pronađena korelacija. Na kraju, postavlja se pitanje je li veliko raspršenje po kriteriju dobi moglo utjecati na rezultate istraživanja.

#### **1.4.3. Korelacija između akustičkih parametara i spola**

Osim korelacije između različitih akustičkih parametara i tjelesne veličine govornika, istraživana je i veza fundamentalne frekvencije i spola govornika. Istraživanja su pokazala da je fundamentalna frekvencija vrlo pouzdan izvor za određivanje spola (Wu & Liss, 1991; Gelfer & Mikos, 2005). Na temelju istraživanja provedenih u forenzičkoj fonetici, pokazalo se da se glasovi s prosječnim vrijednostima  $F_0$  (koje se nalaze u očekivanome rasponu prosječne frekvencije osnovnoga tona za određeni spol u pojedinome jeziku), lošije prepoznaju od govornika s neuobičajenim vrijednostima, koje su znatno niže ili više od prosječnih (Sørensen, 2012). Rezultati provedene studije očekivani su jer je za pretpostaviti da će slušateljima i stručnim procjeniteljima vrlo visok ili vrlo nizak glas biti znatno upečatljiviji glasovni parametar od prosječno visokoga glasa. Također, možemo pretpostaviti da će svaka neuobičajena govorna navika koja odstupa od uobičajene, ili bolje rečeno uredne govorne izvedbe biti snažan faktor pri identifikaciji ili prepoznavanju govornika. Tako ćemo primjerice, osobu s karakterističnim škrupavim glasom lakše identificirati nego osobu čiji glas pripada modalnoj fonacijskoj vrsti.

U studiji provedenoj na glasovima efeminiranih, heteroseksualnih muškaraca te onih koji su promijenili spol iz muškoga u ženski, odbačene su stereotipne pretpostavke. Rezultati provedene studije pokazali su da efeminirani i homoseksualni muškarci, kao ni muškarci koji su promijenili spol, nemaju više frekvencije osnovnoga tona od prosječnih heteroseksualnih muškaraca (Avery & Liss, 1996). Autori objašnjavaju da se govornikova želja za identifikacijom sa ženskim spolom i pratećim govornim i glasovnim karakteristikama, ne ostvaruje samo podizanjem osnovnoga tona, već i brojnim drugim govorno-jezičnim navikama svojstvenima određenome spolu, prije svega bojom glasa.

U studiji provedenoj 1998. g. Whiteside je na temelju sintetiziranih vokala ispitala ovisi li procjena spola više o vrijednostima fundamentalne frekvencije ili pak o vrijednostima formanta. Kod većine se vokala (36 od ukupno 40)  $F_0$  pokazala kao ključan faktor u procjeni spola (Whiteside, 1998), dok je kod preostala četiri sintetizirana vokala spol procijenjen na temelju obaju čimbenika (formanta i fundamentalne frekvencije). Slično istraživanje, nekoliko godina kasnije proveli su Gelfer i Mikos (2005). Autori su u radu ispitali uspješnost procjenjivanja spola govornika na temelju sintetiziranih izoliranih vokala, proizvedenih na temelju snimki spontanoga govora 10 transrodnih osoba. Akustički parametri korišteni za govornu sintezu bili su fundamentalna frekvencija, frekvencijske vrijednosti prvih triju formanta te njihovi intenzitetski pojasevi. Sintetizirana frekvencija osnovnoga tona, koja je iznosila 120 Hz ili 240 Hz, kombinirala se s formantskim frekvencijama vokala pripadajućega ili suprotnoga spola. Tako se primjerice u prvome materijalu  $F_0$  koja je iznosila 120 Hz sintetizirala s formantima (pojedina vokala) karakterističnima za muški glas, a u drugome materijalu s formantima karakterističnima za ženski glas. Rezultati provedenoga istraživanja pokazali su da se slušatelji prilikom procjene spola govornika, u svim slučajevima oslanjaju na vrijednosti fundamentalne frekvencije te da je ona snažniji pokazatelj spola. Studija je također potvrdila da se spol muškaraca bolje identificirao te da su procjenitelji manje griješili u procjeni spola muških govornika (Van Dommelen, 1990; Gelfer & Mikos, 2005).

### **1.5. Izgovor vokala u sociofonetici i sociolingvistici**

Sociofonetika uključuje integriranje principa, metoda i teorijskih okvira fonetike zajedno s onima koji se koriste u sociolingvistici. Kao što je iz samih termina razvidno, sociolingvistikom se uglavnom bave sociolingvisti, a sociofonetikom fonetičari (Foulkes, 2013). Pojam socio-fonetika prvi je upotrijebio Deshaies-Lafontaine 1974. godine, u okviru svoje disertacije o varijaciji kanadskog francuskog, ali najprominentniji pokret u

sociolingvistici predstavljaju studije jezičnih promjena u govornim zajednicama o kojima je pisao Labov. Sredinom 90-ih godina dolazi do popularizacije sociofonetike te tako na međunarodnom kongresu fonetskih znanosti (ICPhS) 2003. godine sudjeluje čak 90 izlagača sa sociofonetskim temama.

Opće je poznato da je na temelju informacija iz govornoga signala moguće odrediti brojne društvene karakteristike govornika. Iako je najizraženija karakteristika govornikov spol, nečiji nam iskaz daje i podatke o njegovim godinama, socioekonomskome statusu, stupnju obrazovanja itd. (Avery & Liss, 1996). Kišiček (2012) u svojoj disertaciji iznosi podatke prema kojima su se procjenitelji pri vrednovanju i prepoznavanju određenoga (hrvatskoga) govora u najvećoj mjeri oslanjali na izgovor vokala i konsonanata. Perceptivne je rezultate potvrdila i akustička analiza te je tako potvrđena statistički značajna razlika između najlošije i najbolje procijenjenih govornika u prosječnim frekvencijskim vrijednostima formanta kod gotovo svih vokala.

Većina sociolingvističkih studija provedena je na vokalima, posebice zato što su u odnosu na konsonantske promjene, po prirodi konkretnije i jednostavnije ih je pratiti. Prema Gordonu (1998), sociolingvistika se usredotočila na promjene u izgovoru vokala vjerujući da za njih nema direktne motivacije kod samoga govornika. Neki autori navode da se većina segmentalnih promjena od društvenoga značaja u britanskome engleskom ocrta u izgovoru vokala te da je vokalska kvaliteta nositelj snažnih estetskih vrijednosti, koje se kod muškaraca i žena ispoljuju i percipiraju na različit način (Gordon & Heath, 1998). Promjene u izgovoru vokala prvenstveno se opisuju i interpretiraju na temelju spektrogramskih prikaza i frekvencijskih vrijednosti prvih triju formanta.

U svome radu Labov (2010) piše o lančanim promjenama u vokalskim sustavima, navodeći tri moguća smjera promjena:

1. dugi vokali postaju visoki<sup>37</sup>,
2. kratki vokali postaju niski, a
3. stražnji vokali pomiču se prema prednjoj poziciji.

---

<sup>37</sup> Kad se govori o visokim i niskim vokalima, u biti se misli na visinu jezika prilikom izgovora pojedinoga glasnika. Također, karakteristike prednje-stražnje odnose se na povučenost jezika prema zubima (prednje) ili prema stražnjem dijelu usne šupljine (stražnji). U engleskom se jeziku dugi vokali u odnosu na kratke, osim po trajanju, razlikuju i po većoj mišićnoj aktivnosti te ekstremnijem i perifernijem položaju jezika (Gordon & Heath, 1998).

Dugogodišnjom studijom u kojoj su analizirani britanski i američki engleski iznjedrena su dva velika zaključka (Labov, 1990; Gordon & Heath, 1998):

- vokalski sustavi pod utjecajem su ponavljajućih i neusmjerenih rotacija i
- u pravilu žene predvode jezične promjene.

### **1.5.1. Akustički parametri i dominantnost**

Opće je poznato da govornike s različitim vrijednostima  $F_0$  doživljamo na različit način. Ponekad bismo samo na temelju visine njihovoga osnovnoga tona mogli zaključiti da su vrlo samouvjereni, dominantni, dok bismo u drugim slučajevima nekoga procijenili kao vrlo submisivnu osobu. Prema Ohali (1994), govornici s visokim vrijednostima fundamentalne frekvencije doživljavaju se maleno, neprijeteće te dobronamjerno, dok se govornicima s niskim vrijednostima pripisuju karakteristike krupnije tjelesne građe, prijetećega stava, samopouzdanosti osobe te samodostatnosti. Procjene su dakako ovisne o spolu procjenitelja i onoga koga se procjenjuje, što je dakako i kulturološki određeno.

Istraživanje provedeno na muškim glasovima čiji su govorni stimulusi akustički manipulirani (snižavanje i povišavanje fundamentalne frekvencije te sužavanje i širenje formantskoga područja  $D_f$ ) pokazalo je da se akustičke vrijednosti muških glasova u kompetitivnim situacijama mijenjaju (Puts, Hodges, Cárdenas, & Gaulin, 2007). Naime, rezultati provedene studije ukazuju na to da muškarci snižavaju svoju  $F_0$  i sužavaju formantsko područje, kao odgovor na izazovnu situaciju u kojoj se trenutno nalaze. Zanimljivo je da će u takvim situacijama muškarci koji se doživljavaju fizički dominantno sniziti vrijednosti svoje  $F_0$ , dok će ju oni koji se doživljavaju submisivno povišati (Puts, Gaulin, & Verdolini, 2006).

Istraživanjem je također pokazano da su ženski procjenitelji glasove sa sniženom  $F_0$  doživljavali društveno i fizički znatno dominantnijima<sup>38</sup> od onih s višom  $F_0$  te širim formantskim područjem ( $D_f$ ), što potvrđuju i rezultati drugih studija u kojima su procjenitelji bili i muškarci i žene (Ohala, 1994; Feinberg et al., 2005). Studije su pokazale da sužavanje  $D_f$  područja značajnije utječe na procjenu dominantnosti u odnosu na  $F_0$  (Puts et al., 2007). Autori zaključuju da su muški glasovi evoluirali u ovome smjeru kako bi bili fizički dominantniji i time atraktivniji ženskome spolu.

---

<sup>38</sup> Dominantnost i prijeteći stav prema nekim se autorima mogu još postići protruzijom usana te zatvorenijom vokalizacijom, dok se submisivne vokalizacije okarakterizirane uvučenijim usnama (Ohala, 1980; Fitch, 1994; Fridlund, 1994). S obzirom na to da se evolucijski gledano zadržava poželjnija (dominantna) vokalizacija, autori zaključuju da korijeni facijalne ekspresije ne leže samo u vizualnom kodu, već proizlaze i iz njihovih akustičkih realizacija.

Kulturološki je gotovo univerzalno da su ženama niži muški glasovi atraktivniji od viših glasova, posebice za vrijeme ovulacije (Feinberg et al., 2005). Spolni je dimorfizam (engl. *sexual dimorphism*) posebice izražen u situacijama u kojima govornici naglašavaju svoju ženstvenost ili muževnost u glasu (Ohala, 1994), što ide u prilog prethodnim Darwinovim studijama o spolnoj selekciji i dimorfizmu koj su u međuovisnosti s vokalizacijama (Diehl et al., 1996).

### **1.5.2. Sociolingvistički pogled na spolne razlike u govornoj i jezičnoj upotrebi**

O važnosti i ulozi spola u razumijevanju jezične upotrebe općenito piše Eckert (2000), napominjući da se i žene i muškarci natječu i procjenjuju unutar svoje spolne skupine. Prema Goldsteinu (1980) žene imaju raspršeniji vokalski sustav, odnosno, veće su razlike u izgovoru vokala kod žena, nego kod muškaraca. Žene nastoje govoriti što pravilnije i standardnije, što kod muškaraca primjerice nije zabilježeno. U sociolingvistici, ta se tendencija objašnjava kulturološkom uvjetovanošću.

Nestandardan izgovor i jezični oblici te žargon češći su u govoru muškaraca i kod pripadnika nižih društveno-ekonomskih slojeva (Foulkes, 2013). Prestižnijim govorno-jezičnim konstrukcijama služe se žene (Labov, 1990; Trudgill, 1972; 2000), a Trudgill (1972) vjeruje da je jedan od mogućih razloga činjenica da je govor radničkoga sloja bio naklonjeniji muškim govornicima. Nestandardni jezični oblici snažni su lokalni markeri i odražavaju specifičnosti pojedine zajednice. Što je veća privrženost nekoj govorno-jezičnoj zajednici ili homogenoj relativno zatvorenoj skupini govornika, to se u većoj mjeri prihvaćaju njezina lokalna govorna obilježja (Gordon & Heath, 1998). Iz toga slijedi, da će muškarci s obzirom na veću uključenost i privrženost svojim zajednicama u odnosu na žene, češće koristiti nestandardne govorne i jezične oblike (Gordon & Heath, 1998).

Budući da žene teže dostizanju standarda kako u jeziku, tako i u govoru, češće koriste hiperkorektne jezične izraze i pribjegavaju hiperkorektnome izgovoru. Rezultati Labovljevih istraživanja (1972; 2006) pokazali su da je hiperkorektnost jače izražena kod žena i to posebice kod dviju skupina: majki iz nižeg srednjeg društvenog sloja te učiteljica u osnovnim školama. Muškarcima su pak „privlačniji nestandardniji oblici i čak stigmatizirane govorne varijacije“ (Gordon & Heath, 1998: 425), za koje je u sociolingvistici uveden pojam *skriveni prestiž*. Nestandardan govor može ukazivati na muževnost i žilavost muškaraca (Wolfram i Fasold, 1974; prema Gordonu, 1998), koje i Trudgill (1972) slično komentira. Naime, potonji autor pretpostavlja da je muškarcima privlačnija niža klasa, možda zbog valorizacije fizičkoga

rada, atletike i uličnih tučnjava, te da zbog toga simbolički prihvaćaju govorne oblike iz nižih kulturnih zajednica.

Prestiž se uobičajeno dijeli na *očiti prestiž* (engl. „overt prestige”) i prethodno spomenuti *skriveni prestiž* (engl. „covert prestige”). Oba se fenomena pojavljuju u govoru pojedinca koji promjenama u vlastitom govoru, koji je za njega optimalan, nastoji postići viši ugled, reputaciju i utjecaj. Razlika je u načinu na koji pojedinac dolazi do većega prestiža. *Očiti* je *prestiž* onaj koji odgovara govoru kulturno dominantne grupe (Labov, 2006). Za razliku od *očitoga prestiža* koji se ogleda u upotrebi standardnih i stilski obilježenih govornih elemenata, *skriveni prestiž* podrazumijeva upotrebu nestandardnih oblika i govornikovo poistovjećivanje s nedominantnim društvenim zajednicama ili supkulturnim grupama (Labov, 2006). Njime se kredibilitet i reputacija stječu svjesnim odmicanjem od standarda (Trudgill, 1972; 2000) i to najčešće upotrebom žargonizama, dijalektizama, vulgarizama i drugih jezičnih oblika.

Istraživanjem koje je Labov završio 1996. godine, analiziran je očiti prestiž s obzirom na klasu i spol. Široko poznati eksperiment proveden je u tri različite robne kuće u New Yorku, od kojih je svaka pripadala jednoj klasi (nižoj, srednjoj i višoj). Procjenjivao se izgovor postvokalskog [r] u sintagmi /fourth floor/. Prodavači su nakon odgovaranja da se traženi dućan nalazi na četvrtom katu ponavljali svoj odgovor, kako bi se mogao procijeniti izgovor pri pažljivijem govornom stilu i naglašavanju izgovorenoga (Labov, 2006). Autor zaključuje da je raslojenost izgovora glasnika [r] odraz jezične kulture njujorške govorne zajednice te da je govorni prestiž rastao u korelaciji s klasama. Glasnik [r] snažnije se izgovarao u ponovljenom odgovaranju, a njegov pretjeran hiperkorektan izgovor bio je češći u srednjoj klasi. Labov razlog tomu vidi u posezanju za prestižnijim oblikom kojim se nastojao postići prestižniji izgovor općenito, a time i pripadnost višoj klasi. O (ne)prestižnosti postvokalskog [r] piše i Trudgill (2000), napominjući da je vrlo snažna povezanost između višega društvenog statusa, jezične ispravnosti i prestiža s reduciranjem glasnika [r].

*Očiti prestiž* u engleskome jeziku uživa *prihvaćeni govor* (engl. RP prema *received pronunciation*). Škarićev termin općeprihvaćenoga hrvatskoga djelomično se može preslikati na RP u engleskome jeziku, ponajviše zbog toga što se odnosi na govor jezično obrazovanoga sloja javnih govornika hrvatskoga jezika. S druge pak strane, društveni su slojevi na engleskome govornom području izrazito naglašeni, kao i pojedini idiomi koji uživaju najviši govorni prestiž. Na hrvatskome govornome području ne možemo govoriti o jasnoj društvenoj raslojenosti, nego tek o (ne)poželjnijim idiomima, izgovornim varijantama itd.

Izgovor i naglasak standardnoga jezika često su atribuirani vrijednosnim oblicima poput *ispravan*, *lijep*, *čist* i sl., dok su nestandardni neprestizni varijeteti dijametralno okarakterizirani kao *pogrešni*, *ružni*, *lijeni* itd. (Trudgill, 2000). Nestandardni se varijeteti tako često znaju doživljavati kao devijantni oblici standardnoga engleskoga, kojima se pridaju negativne društvene vrijednosti i konotacije. Ista je pojava potvrđena u brojnim drugim jezicima. U hrvatskome je jeziku provedeno više sociofonetskih istraživanja u kojima se procjenjivao hrvatski standard te poželjnost (ne)standardnih naglasnih oblika (Škarić, Babić, Škavić & Varošanec, 1987; Škavić, 1996; Škavić & Varošanec-Škarić, 1999; Varošanec-Škarić & Škavić, 2001; Varošanec-Škarić, 2003; Škarić, 2006 itd.). Tako se primjerice pokazalo da govornici „zanaglasne duge slogove procjenjuju toliko manje poželjnima nego zanaglasno kratke da im je čak prihvatljiviji lik sa skraćenim dugim zanaglasnim slogom nego s pravilno dugim“ (Škarić & Lazić, 2002). Bakran (1986) je čak ispitivao granice tolerancije na dužinu naglašenoga sloga te je analizirao koliko traje naglašeni slog riječi koji se procjenjuje kao umjeren i urbaniziran standardni govor.

### **1.5.3. Sociolingvistički pogled na dobne razlike u govornoj i jezičnoj upotrebi**

U većini zapadnih društava postoji trodioba dobnih skupina na djecu, adolescente i odrasle (Eckert, 1997). Sve su skupine pod neprestanim utjecajem razlika u stilu života koje se reflektiraju na opće ponašanje i jezičnu upotrebu (Foulkes, 2013). Opće je poznato da se u djetinjstvu u najvećoj mjeri govorno-jezično oblikujemo prema obiteljskom okruženju i govorno-jezičnom statusu obaju roditelja/skrbnika. Brojni su primjeri obitelji u kojima se majčin ili očev govor zrcali u govoru djeteta, pa tako dijete na temelju govornog uzora s kojim provodi najviše vremena usvaja izgovor vokala i konsonanata po uzoru na njih. Tako usvaja i dijalektizme, a ponekad razvija i određenu govornu manu (sigmatizam, rotacizam) ili neko drugo govorno-jezično obilježje.

U adolescentskom razdoblju najsnažniji je utjecaj vršnjaka, unutar kojega dolazi do odmaka od obiteljskoga modela do tada usvojenoga (Foulkes, 2013). Naglo raste broj nestandardnih oblika i inovativnih govornih ili jezičnih formi koje osiguravaju homogenost određenoj društvenoj zajednici kojoj govornik pripada i s kojom se poistovjećuje. Ona mu također osigurava zaštitu, potporu i dostupnost određenim informacijama. Odstupanja od standarda tako najčešće idu u smjeru dijalekta kojim govore vršnjaci, a žargonom i *slengom* osigurava se autentičnost pojedine skupine i razlikovanje od drugih skupina – s jedne strane vršnjaka, a s druge, ostalih dviju dobnih skupina (Eckert, 1997).



Naposljetku, u odrasloj dobi dolazi do ustaljivanja i uređivanja stila života koji se odražava i u jeziku i u govoru. U kojoj ćemo se mjeri prilagoditi, određeno je „pritiskom“ u poslovnoj karijeri govornika (Foulkes, 2013). Hoćemo li (moći) koristiti dijalektizme, žargon i lokalna obilježja (segmentalna i/ili suprasegmentalna) prije svega će biti uvjetovano poslom kojim se bavimo. U nastojanjima da se postigne standardan izgovor te da se koriste isključivo propisani jezični oblici, govornici vrlo često iz neznanja ili bolje rečeno, nedovoljnog poznavanja pravopisnih i pravogovornih pravila postaju hiperkorektni. Ranija Labovljeva istraživanja (1972, 2006) pokazala su da su govornici srednje dobi u najvećoj mjeri hiperkorektni, čemu u prilog idu i rezultati istraživanja koji su pokazali da se starenjem<sup>39</sup> razvija konzervatizam u govoru (Eckert, 1997). Opadanje konzervatizma zabilježeno je samo u skupini umirovljenih muškaraca. Sociolingvisti razlog tomu vide u opuštenijem jezičnom ponašanju uvjetovanom manjom zabrinutošću oko društvenih uloga moći.

---

<sup>39</sup> Iako je starenje univerzalan fenomen, sociolingvistički gledano, u različitim je društvenim strukturama na različite načine implementirano i starosnim se skupinama pripisuju različite vrijednosti. Jezična i govorna praksa pojedinca oblikuje se i pod utjecajem tih vrijednosti.

## 2. LINGVISTIČKO ODREĐENJE HRVATSKOGA I SRPSKOGA JEZIKA

Iako se određenje pojma jezik u našoj svakodnevici i njegovo lingvističko određenje doimaju kao vrlo jednostavni i jednoznačni postupci, u stvarnosti ga je same lingvistike vrlo rijetko moguće jezikoslovno jednoznačno i neopovrgljivo odrediti. Bloomfield (1961) u svojoj knjizi *Language* ističe da se jezik kao fenomen redovito uzima zdravo za gotovo, iako su njegovi učinci nevjerovatni. Osim što je omogućio nastajanje i razvijanje društvene komunikacije, razlikuje nas od životinjske vrste, omogućava nam izražavanje misli i osjećaja itd. U Traskovoj knjizi *Temeljni lingvistički pojmovi* (2005) jezik se određuje kao središnji predmet lingvističkoga promatranja, uz napomenu da je izuzetno važno razlikovati pojedinačni jezik (u ovome slučaju hrvatski i srpski jezik) od jezika općenito. Na hrvatskome jezičnom portalu (skraćeno HJP<sup>40</sup>) stoji ukupno osam definicija jezika, od kojih se treća (trostruka) definicija odnosi na pojam jezika u ovome kontekstu te se određuje kao:

- a) „sustav glasova, gramatike, naglasaka, riječi i fraza kojima ljudi izražavaju svoje misli i osjećaje“,
- b) „riječi i metode njihova kombiniranja koje upotrebljavaju i razumiju drugi ljudi“ te
- c) „čujan i artikuliran sustav za prenošenje poruka proizveden radom govornih organa“.

Odgovor na pitanje jesu li hrvatski i srpski jezik isti ili različiti jezici vrlo je kompleksan i ponajviše ovisi o perspektivi iz koje pristupamo toj problematici. Također, ovisi i o tome što analiziramo i koje kriterije koristimo. U nastavku će rada biti detaljnije obrađeni najčešće korišteni kriteriji za određivanje jezika te će se ukratko opisati razvoj jezičnih odnosa i politike prije i nakon 90-ih godina prošloga stoljeća. Na kraju poglavlja iznijet će se pregled prijašnjih istraživanja o odnosu hrvatskoga i srpskoga jezika.

### 2.1. Isti ili različiti jezici?

Prema Matasoviću (2001), lingvisti imaju različite predodžbe o tome kada i prema kojim kriterijima možemo govoriti o dvama idiomima koji su različiti jezici, a kada o dvama dijalektima istoga jezika. Pri podjeli jezika vrlo se rijetko uzimaju samo lingvistički kriteriji, odnosno, vrlo se često njima pridodaju i drugi, nelingvistički. U relevantnoj lingvističkoj literaturi navodi se ukupno pet kriterija kojima se možemo voditi pri određivanju statusa dvaju uspoređivanih jezika:

1. kriterij međusobne razumljivosti,

---

<sup>40</sup> Poveznica <http://hjp.znanje.hr/index.php?show=search> (posljednji pristup 5. veljače 2018.).

2. strukturalni kriterij,
3. kriterij identifikacije govornika,
4. genetski kriterij te
5. kriterij standardizacije (Matasović, 2001).

U nastavku poglavlja bit će jasno da čak niti na temelju ovih kriterija ponekad nije moguće jednoznačno odrediti status pojedinih jezika, posebice zato što se postavlja pitanje kada je razlika dovoljno da se može govoriti o dvama različitim jezicima, a ne o jednome (Kapović, 2011). Iz toga ne proizlazi da je lingvistika neegzaktna, već da je sama narav predmeta proučavanja kompleksna te da nije prikladna za krutu kategorizaciju (Ibid).

Kriterij *međusobne razumljivosti* većina će govornika smatrati osnovnim kriterijem, a glasi ovako: ako se govornici dvaju idioma međusobno ne razumiju, tada govore različitim jezicima, a ako se razumiju, govore istim jezikom. Prema Kapoviću (2013: 134), ako govorimo o standardnom hrvatskom i srpskom jeziku, razlike su vrlo male i to na svim jezičnim razinama, zbog čega, savjetuje sam autor, „tko god želi pošto-poto dokazati da su hrvatski i srpski različiti jezici, ne bi smio inzistirati na ovome kriteriju.“

Prema *strukturalnome kriteriju* dva će se jezika razlikovati ako „u opisu njihova gramatičkoga sustava postoje strukturalne razlike“ (Matasović, 2001: 16). Autor pritom napominje da u načelu možemo reći da pod time mislimo na gramatičke kategorije roda, broja, padeža i sl., iako je zahtjevno unaprijed reći što su strukturalne razlike i među različitim idiomima one su vrlo često stupnjevite. Ovaj je kriterij neophodan preduvjet pri klasifikaciji jezika kojoj u temelju stoje stroga unutarjezična svojstva (Ibid). Treći, kriterij *identifikacije govornika* odnosi se na to što sami govornici misle o svojim jezicima. Prema Kapoviću (2013) po ovome bi kriteriju hrvatski i srpski jezik danas bili različiti jezici. Varošanec-Škarić (2017) ispitala je jezičnu bliskost hrvatskoga i srpskoga jezika kroz različite akustičke parametre.

*Genetski je kriterij* jedini za koji možemo sa sigurnošću tvrditi da je znanstven. Njime se utvrđuje genetska srodnost dvaju ili više jezika, a prema Matasoviću (2001) primjenjuje se na one idiome čiju povijest poznajemo. Također, genetskim je kriterijem moguće utvrditi i one idiome čiji je identitet određen vlastitom poviješću. Kapović (2013) smatra da hrvatski i srpski prema genetskome kriteriju niti nisu niti jesu različiti jezici. Oni su za svoj temelj standardnoga jezika uzeli isti tip štokavskoga narječja, točnije istočnohercegovački<sup>41</sup> te se

---

<sup>41</sup> Kapović (2013) napominje da su u kasnijim fazama izgradnje standarda hrvatskoga i srpskoga ulazile i osobine nekih drugih štokavskih dijalekata.

prema tome može jedino tvrditi da je štokavski prema dijalektološko-genetskome kriteriju, jedan jezik. Na temelju tog zaključka, autor pretpostavlja da bi i „standardni jezici nastali na osnovi štokavskoga bili jedan jezik“ (Kapović, 2013: 136). Poteškoće na koje možemo naići primjenom genetskoga kriterija sažete su u pojmu *dijalekatskoga kontinuuma* (Trudgill, 2000; Matasović, 2001; Kapović, 2013). Većina je jezičnih područja međusobno povezana pa se susjedni dijalekti pretapaju jedan u drugi. Važna značajka sastoji se u tome da ga čini niz dijalekata, čiji se međusobni govornici mogu razumjeti (Mićanović, 2008). Langston i Peti-Stantić (2014) naglašavaju da u prikazu južnoslavenskoga dijalekatskog kontinuuma nije moguće povući jasne i nedvosimlene granice između zapadnog i istočnog štokavskog areala, jer se niz izoglosa preklapa. Drugim riječima, ne možemo reći da među dijalektima postoji jasna granica, poput zemljopisne, koja bi nam omogućila precizno razlikovanje i određivanje teritorija na kojima govornici govore pojedinim dijalektima, pa ni jezicima.

Prema posljednjemu, *kriteriju standardizacije*, koji ovisi o izvanjezičnim faktorima, lingvistika vrlo teško odgovara na pitanje što jest jezik, a što nije. Kapović (2013) navodi da je podjela na jezike u suvremenoj Europi uglavnom utemeljena na podjeli na standardne jezike, koji još imaju državu i status službenoga jezika. Vrlo se često u razgovorima o razlici jezika i dijalekta spominje čuvena izreka „Jezik je dijalekt s vojskom i mornaricom“<sup>42</sup>, čime se dodatno želi naglasiti arbitrarnost pri određivanju nekoga idioma kao dijalekta ili jezika. Ta i druge tvrdnje o statusu jezika i dijalekta, upućuju na to da ne postoji „strukturna lingvistička razlika između dijalekta i jezika“ (Mićanović, 2008: 67). Društveni i politički faktori imaju veliku ulogu u tome procesu, a njihova se snaga ponajviše očituje u utjecaju na percepciju govornika i određene govorno-jezične zajednice po pitanju statusa dijalekt-jezik.

Iako su hrvatski i srpski standard nedvojbeno različiti, nemoguće je egzaktno odgovoriti jesu li ta dva standarda isti jezik ili nisu – problem nam predstavlja granica, odnosno, određivanje stupnja razlika među jezicima prema kojemu je moguće reći da je riječ o različitim jezicima. Benešić još davne 1937. g. ističe da je hrvatski nastao iz radova svojih plodnih pisaca iz 15., 16. i 17. stoljeća, dok je srpski utemeljen i kodificiran tek u 19. stoljeću, točnije, Vuk Karadžićevom intervencijom. Langston i Peti-Stantić (2014) zaključuju, kao i brojni drugi jezikoslovci, da su sociolingvistički faktori presudni prilikom određivanja statusa hrvatskoga i

---

<sup>42</sup> Izvorni oblik ove izreke (na jidišu) glasi: „פֿלעט און אַרמיי און מיט דיִאַלעקט אַ איז שפּראַך אַ“, a na engleskome: „A language is a dialect with an army and navy“. Prema nekim izvorima popularizirao ju je sociolingvist Max Weinreich, koji ju je čuo od jednog slušatelja na svojim predavanjima (Trudgill, 2000).

srpskoga standardnog varijeteta kao zasebna jezika te da je klasifikacija jezika ponekad otežana nelingvističkim faktorima.

## 2.2. Hrvatski i srpski jezik prije i nakon 90-ih godina

U razdoblju između dva svjetska rata dominantna je struja u jezikoslovlju bila sačinjena od vukovaca, koji su bili potpomognuti državnom vlasti (Moguš, 1995). Tako Maretić, 1924. g. objavljuje *Hrvatski ili srpski jezični savjetnik* kojima nastoji umanjiti ili dokinuti određena pojedinačna odstupanja od tadašnje propisane jezične norme. Iako je Maretić svojim djelom pokušao obezvrijediti i ukinuti postojanje brojnih riječi koje su se na teritoriju Hrvatske odavno koristile<sup>43</sup>, mnogi se hrvatski jezikoslovci nisu vodili idejom da hrvatski književni jezik počinje tek od Vuka i da taj jezik tek treba učiti, već su se u svojim djelima uvijek oslanjali na „stoljećima izgrađivanu tronarječnu književnojezičnu okomicu“ (Moguš, 1995: 194).

Bez obzira na teze koje su iznosili hrvatski lingvisti u početku prošloga stoljeća, posebice vukovci, hrvatski su književnici ipak „nastavljali liniju vlastitoga gledanja na jezični razvoj“ (Moguš, 1995: 190). Nakon objavljivanja *Pravopisnoga uputstva za sve osnovne, srednje i stručne škole*, 1929. g., čakavska i kajkavska dijalektalna poezija doživjela je svoj procvat, a hrvatski su jezikoslovci lingvistički nastojali osvijetliti pravo stanje stvari (Ibid). Tako su Petar Guberina i Kruno Krstić objavili knjižicu pod naslovom *Razlike između hrvatskoga i srpskoga jezika*, 1940. godine.

Za vrijeme II. svjetskoga rata do izražaja dolaze drukčiji pogledi na jezik, pa vlasti prekidaju s tadašnjim Boranićevim *Pravopisom hrvatskoga ili srpskog jezika*, propisujući tzv. korienski (etimološki). Kapović (2013) navodi da se za vrijeme II. svjetskoga rata još upotrebljavao naziv *hrvatski jezik* te da je jugoslavenski ustav iz 1946. godine, kao i drugi službeni dokumenti, bio pisan i na hrvatskome i srpskome jeziku. AVNOJ u ratno doba također zauzima svoj stav o jeziku u Jugoslaviji te donosi odluku da se sve naredbe, odluke i proglasi moraju objavljivati na četiri jezika: srpskom, hrvatskom, slovenskom i makedonskom, jer su „svi ovi jezici ravnopravni na cijeloj teritoriji Jugoslavije“ (prema Mogušu, 1995: 201). Na taj je način, pravno, hrvatskome jeziku bilo osigurano njegovo postojanje i ime (Ibid).

Nazivi *hrvatskosrpski* i *srpskohrvatski* u službenu upotrebu ulaze tek u 50-im godinama prošloga stoljeća. Sve do polovice 20-oga stoljeća, na hrvatskoj i srpskoj strani postajale su

---

<sup>43</sup> Maretić se pitao što će nam riječi: *knjižnica, povijest, tvornica* i dr., kad već imamo: *biblioteku, (h)istoriju, firmu* i dr. (prema Mogušu, 1995).

struje koje su radile na unifikaciji jezika te su zastupale ideju o jednome jeziku. Tako se višestrukim odlukama i dokumentima išlo u smjeru unitarizma: prihvaćanjem Vukove ijekavice, *Književnim dogovorom* u Beču 1850. g., zatim tzv. Skerlićevom anketom iz 1912. g. (prema kojoj se savjetuje da Hrvati preuzmu ekavicu, a Srbi latinicu) koja je naposljetku rezultirala potpisivanjem zaključaka *Novosadskoga dogovora*<sup>44</sup> 1954. g. Na osnovi zaključaka dogovora u Zagrebu objavljena je jedna verzija pravopisa na latinici, a u Novome Sadu druga verzija na ćirilici.

Vodeći hrvatski jezikoslovci i književnici smatrali su da će se hrvatski književni jezik moći neometano razvijati te da neće doći do nametanja jezičnih osobitosti jedne književnojezične sredine drugoj (Moguš, 1995). Međutim, i ovoga se puta stvarnost okrenula u drugome smjeru te su na hrvatskim teritorijima snažno prodirale brojne navale vokabulara srpskoga jezika. Moguš (1995) navodi da se smatralo dovoljnim ijekavizirati ili jekavizirati postojeće srpske ekavske izraze te da će oni na taj način postati hrvatski<sup>45</sup>.

Kao što nam je povijest nebrojeno puta pokazala, preokreti vrlo često nastaju na manjim dijelovima prijašnje strukture koja se želi srušiti (Moguš, 1995). Tako je i novi otpor, otpor Novosadskome dogovoru i idejama na kojima je počivao, uporište našao u njegovoj petoj točki koja govori o „iskorištavanju cjelokupnog rječničkog blaga našega jezika“ (Moguš, 1995: 204). Na temelju te odredbe objavljen je *Rječnik hrvatskosrpskoga književnog jezika*, koji je u Zagrebu objavljen ijekavski i na latinici, a u Novome Sadu na ekavici i ćirilici. Uslijedile su burne reakcije, koje su bivale sve snažnije objavljivanjem *Deklaracije o nazivu i položaju hrvatskog književnog jezika* 1967. g. u izdanju Matice hrvatske. *Deklaraciju* su potpisale brojne kulturne i znanstvene ustanove<sup>46</sup> i time osnažile otpor jezičnom unitarizmu,

---

<sup>44</sup> U prvoj točki Novosadskoga dogovora stoji: „Narodni jezik Srba, Hrvata i Crnogoraca jedan je jezik. Stoga je i književni jezik, koji se razvio na njegovoj osnovi oko dva glavna središta, Beograda i Zagreba, jedinstven, sa dva izgovora, ijekavskim i ekavskim.“

U drugoj točki stoji: „U nazivu jezika nužno je uvijek u službenoj upotrebi istaći oba njegova sastavna dijela.“

U sedmoj točki stoji: „Zajednički jezik treba da ima i zajednički pravopis“ (prema Mogušu, 1995: 201).

<sup>45</sup> Po uzoru na tu ideju *dejstvo* je postalo *djejtvo*, *obezbeđenje* prerasta u *obezbjedenje*, *bezbednost* u *bezbjednost* itd. (Moguš, 1995: 204).

<sup>46</sup> *Deklaraciju* su potpisale Matica hrvatska, Društvo književnika Hrvatske, PEN-klub, Hrvatski centar, Hrvatsko filološko društvo, Odjel za filologiju Jugoslavenske akademije znanosti i umjetnosti, Odjel za suvremenu književnost Jugoslavenske akademije znanosti i umjetnosti, Institut za jezik Jugoslavenske akademije znanosti i umjetnosti, Institut za književnost i teatrologiju Jugoslavenske akademije znanosti i umjetnosti, Katedra za suvremeni hrvatskosrpski jezik Filozofskoga fakulteta u Zadru, Katedra za suvremeni hrvatskosrpski jezik Filozofskoga fakulteta u Zagrebu, Katedra za povijest hrvatskog jezika i dijalektologiju Filozofskoga fakulteta u Zagrebu, Katedra za jugoslavenske književnosti Filozofskoga fakulteta u Zadru, Katedra za stariju hrvatsku književnost Filozofskoga fakulteta u Zagrebu, Katedra za noviju hrvatsku književnost Filozofskoga fakulteta u Zagrebu, Institut za lingvistiku Filozofskoga fakulteta u Zagrebu, Institut za nauku o književnosti Filozofskoga fakulteta u Zagrebu, Staroslavenski institut u Zagrebu, Društvo književnih prevodilaca Hrvatske (objavljeno u časopisu Kolo, 2009).

naglašavajući pritom jasnu i nedvojbenu jednakost četiriju jezika te da „svi savezni zakoni i drugi opći akti saveznih organa trebaju biti objavljeni u autentičnom tekstu na četiri književna jezika naroda Jugoslavije“ (prema Mogušu, 1995: 206). Državne su se vlasti snažno obrušile na *Deklaraciju*, sve što se njome promovira, kao i na sve njezine zastupnike. Razlog je bio vrlo jasan – *Deklaracija* se jasno usprotivila idejama koje je vlast zastupala, podupirala i provodila u području jezične politike. Iako se prema Mogušu (1995) službeno nije moglo niti smjelo odgovarati na javne osude *Deklaracije*, njezine su se ideje usadile u svijest hrvatskoga naroda. Hrvatski su jezikoslovci odlučili raditi u tišini i nastaviti razvijati otpor prema unitarističkoj ideji o srpskohrvatskom jeziku. Četiri godine kasnije objavljuje se *Hrvatski pravopis*, trojice autora Babića, Finke i Moguša (1971), kojim se nastoji „obuhvatiti hrvatska pravopisna i jezična tradicija i praksa“.

Na poznatoj sjednici CK SKJ u Karađorđevu krajem 1971. g., dolazi do žestokih napada unitarista: Hrvatski pravopis postaje zabranjen, uništena je gotovo sva njegova naklada, prestaje rad na rječniku, a mnogobrojni hrvatski kulturni radnici stradali su (Moguš, 1995). Unatoč svim udarima i prijetnjama unitarista, hrvatski književni jezik započinje svoj proces afirmacije, koji je tada bio nezaustavljiv. Jonke pod utjecajem praškoga lingvističkog kruga s ostalim hrvatskim jezikoslovcima raspravlja o *elastičnoj stabilnosti* u jeziku pa se u središtu znanstvene pozornosti ovoga puta našla samo jezična osnovica.

Sedam godina kasnije, 1978., nastaje Brozovićeve rasprava, koja je prema Mogušu (2013), prvi cjeloviti pregled hrvatske jezične povijesti: *Hrvatski jezik, njegovo mjesto unutar južnoslavenskih i drugih slavenskih jezika, njegove povijesne mijene kao jezika hrvatske književnosti*.

Prema Kapoviću (2013: 129), prije 90-ih godina na odnos hrvatskoga i srpskoga jezika gledalo se kao na „jedan policentričan standardni jezik s više standardojezičnih varijanata“, a nakon 90-ih kao na „više standardnih jezika“. Do 90-ih je godina prošloga stoljeća službeno postojao *hrvatskosrpski* (u Hrvatskoj), koji se u inozemstvu i u Srbiji nazivao *srpskohrvatskim*<sup>47</sup> (Ibid). Danas možemo reći da na teritoriju bivše Jugoslavije postoje četiri standardna jezika: hrvatski, srpski, bošnjački i crnogorski, koji su nastali na osnovi dvaju novoštokavskih dijalekata: istočnohercegovačkoga štokavskoga dijalekta te zapadnoga bosanskohercegovačkog (Lisac, 1999). Hrvatski je naglasni sustav novoštokavskog zapadnog

---

<sup>47</sup> Još neke inačice hrvatskosrpskoga ili srpskohrvatskoga jezika jesu: hrvatski ili srpski, srpski ili hrvatski te hrvatsko-srpski i srpsko-hrvatski.

tipa, o čemu su mnogo pisali Vukušić (1984) i Škarić (2006). Moguš (1995) naglašava da su procesi standardizacije za svaki jezik bili različiti i da su različito dugo trajali. S obzirom na to da su Hrvati imali dugu tradiciju književnoga jezika, koja uključuje tri dijalekatske stilizacije, proces je standardizacije bio vrlo složen, postepen i iz tog razloga duži nego kod primjerice Srba. Kod njih je proces standardizacije započeo relativno kasno, tek kad se njihov narodni jezik pojavio u književnosti. Određivanje osnovice standarda u potpunosti je bila stvar politike, a u Hrvatskoj je tada na vlasti bila uniformistički nastrojena vlast – vlast koja je svim silama nastojala osigurati zajednički jezik za sve južne Slavene.

O tome piše i Trudgill (2000) napominjući da je hrvatski autonomijom, koja je kulturoški fenomen te se stoga može postići ili izgubiti, izborio svoju neovisnost te se raspadom Jugoslavije, početkom 90-ih godina i službeno naziva hrvatskim jezikom. Spomenuti se autor u najvećoj mjeri vodi kriterijem međusobne razumljivosti, pa tako navodi da su hrvatski, srpski i bošnjački tri različita jezika (ne navodeći i crnogorski), bez obzira na činjenicu da se govornici jezika međusobno razumiju. S druge pak strane, ako će nam jedini kriterij za razlikovanje dvaju ili više jezika biti razumijevanje među govornicima, tada bi na teritoriju Hrvatske postojali brojni jezici. Govornici s otoka Raba, Korčule i drugih, vrlo će se teško sporazumjeti s govornicima iz Čakovca, Trilja ili pak Fažane, što ne znače da govore različitim jezicima. Mićanović (2008) naglašava da se valjanost kriterija razumljivosti osporava time da dijalektski kontinuum podrazumijeva da se govornici susjednih dijalekata mogu međusobno razumjeti, a oni koji nisu susjedni, ne mogu – svejedno, i jedni i drugi mogu pripadati istome jeziku. O nevaljanosti ovoga kriterija pišu i drugi autori (Hudson, 1990; Bugarski, 1997).

Chambers i Trudgill (1998) navode da kriterij međusobne razumljivosti može biti relevantan, ali da se njime ne možemo služiti pri određivanju onoga što jest, a što nije jezik. Trudgill (2000) naposljetku zaključuje, kao i brojni drugi lingvisti koji su se bavili ovom problematikom (Hudson, 1990; Milroy & Milroy, 2000; Mićanović, 2008; Matasović, 2008), da nema jezičnih odgovora na pitanje jesu li dva jezika ista ili različita (navodeći pritom hrvatski i srpski kao primjer), već da odgovore treba isključivo tražiti u političkoj i kulturološkoj podlozi. Coulmas (1985) naglašava da se jezici međusobno razgraničuju i određuju posredstvom jezične politike i jezičnoga planiranja, a ne na temelju svojih unutarjezičnih čimbenika (prema Mićanoviću, 2008). Moguš (1995) uopće ne nastoji govoriti o tome jesu li hrvatski i srpski isti ili različiti jezici, jer su nastali i razvijali se u svojoj povijesti, koja barem za hrvatski seže još u 11. stoljeće, u potpunosti na različite načine i



različitim tempom. Autor naposljetku naglašava da hrvatski ili srpski jezik nije jedinstven nego viševarijantan, a isti stav zauzima i Kapović (2013). Prema tome, on se kao takav ne može pojaviti u obje varijante, dakle kao hrvatskosrpski ili srpskohrvatski, već samo u jednoj ili samo u drugoj varijanti, koja je u ovom kontekstu ili standardni hrvatski jezik ili standardni srpski jezik. O tome je još 1937. godine pisao i Benešić, ističući da se u svojoj gramatici služi pojmovima *hrvatskosrpski* i *srpskohrvatski*, iako je bio svjestan da „taj naziv nije ispravan, jer nema hrvatskosrpskoga ni srpskohrvatskoga naroda (Benešić, 1937: 105). S druge pak strane, Alexander (2006) ističe da je vjerojatnije da je pitanje o nekadašnjem hrvatsko-srpskom na pola puta između dvaju postojećih stajališta: da taj jezik nikada nije bio jedinstven i da on još uvijek postoji.

U Hrvatskoj se danas govori samo o hrvatskome jeziku i inzistira se na razlici između jezika na standardnoj razini. S druge pak strane, koncepcija srpskohrvatskoga u Srbiji još uvijek živi, ali pod nazivom srpski jezik. Tako su primjerice srpski etimološki rječnik, koji se prema Kapoviću (2013: 130) „samo iz političko-prozaičnih razloga morao tako nazivati“, uvršteni i podaci iz svih štokavskih govora u Hrvatskoj, Bosni te Crnoj Gori. Drugim riječima, iza naziva srpski jezik i na prvi pogled još jačih nacionalističkih pogleda nego u Hrvatskoj, krije se i dalje živa ideja i nada za postojanjem srpskohrvatskoga jezika.

U inozemnoj se literaturi najčešće koriste nazivi *Croato-Serbian* i *Serbo-Croatian*, iz nekoliko razloga. Prema Kapoviću (2013) prvi je razlog navika i tradicija, drugi je želja za znanstvenosti (pritom autori vjeruju da korištenjem nekog od tih termina nadilaze nacionalističke prepirke u lokalnim prostorima te ostaju znanstveni) i posljednji je mogući razlog praktičnost (ipak se govori o jednome, a ne o tri ili četiri različita jezika). U novije vrijeme koristi se i naziv *Bosnian/Croatian/Serbian* koji je mnogima prihvatljiviji od prethodno navedenih. Tako primjerice Alexander (2006) koristi termin *Bosnian, Croatian, Serbian* (kraće BCS) kada govori o zajedničkom temelju tih jezika, dok zasebno nazivlje *bošnjački jezik, hrvatski jezik i srpski jezik* koristi pri analiziranju svakoga jezika zasebno.

### 2.3. Pregled prijašnjih istraživanja o odnosu hrvatskoga i srpskoga jezika

U proteklih 30-ak godina objavljeni su brojni radovi u kojima su se s različitih znanstvenih stajališta razrađivale spone hrvatskoga i srpskoga, a u nekim radovima i bošnjačkoga jezika. U radovima je obrađena sljedeća tematika:

- *usporedba hrvatskoga, bošnjačkoga i srpskoga jezika na različitim jezičnim razinama* (Trenkić, 2003; Alexander, 2006; Šipka, 2007; Werle, 2009; Arsenijević & Gračanin-Yüksek, 2012 itd.),
- *sociolingvistički pogled na hrvatski, srpski i bošnjački jezik* (Kordić, 2001; Alexander, 2006; Grčević, 2014; Langston & Peti-Stantić, 2014 itd.),
- *status hrvatskoga jezika u EU i inozemstvu* (Žanić, 2006; Grčević, 2008; Ježić, 2012; Matasović, 2012; Langston & Peti-Stantić, 2014 itd.),
- *pitanje međusobne (ne)razumljivosti govornika hrvatskoga i srpskoga jezika te komunikacijskih barijera* (Kordić, 2001<sup>48</sup>; Grčević, 2002; Žanić, 2006; 2010; Langston & Peti-Stantić, 2014; Peti-Stantić & Langston, 2016 itd.) te
- *jezična politika i jezično planiranje* (Kordić, 2001; Auburger, 2012; Grčević, 2012; Kovačec, 2012; Langston & Peti-Stantić, 2014; Grčević & Gregurić, 2015 itd.).

Iako je opće mišljenje da se tek u poslijeratno doba javljaju radovi u kojima se nastoje popisati, opisati, a ponekad i istaknuti, razlike između hrvatskoga i srpskoga jezika, prvi se radovi na tu tematiku javljaju znatno ranije. Naime, još 1937. godine Benešić na poljskome jeziku objavljuje djelo *Gramatyka języka chrowacakiego czyli serbskiego*, u kojoj cijelo poglavlje pod naslovom *Srbizmi i kroatizmi* posvećuje leksičkim razlikama između hrvatskoga i srpskoga književnog jezika.

Nekoliko godina kasnije Guberina i Krstić objavljuju jezikoslovnu studiju *Razlike između hrvatskoga i srpskoga književnog jezika* (Guberina & Krstić, 1940), u čijem uvodu autori rada napominju da se radom nastoje ukloniti tuđe riječi u hrvatskome književnome jeziku te utvrditi što pripada hrvatskoj jezičnoj zajednici. Prema Samardžiji (2002: 124), to je djelo „prvi (pravi) razlikovni rječnik hrvatskog i srpskog”, u kojem autori tezu o zasebnome statusu

---

<sup>48</sup> Polemika pod naslovom *Naziv jezika iz znanosti gledan*, Snježane Kordić, objavljena je 2001. g. u časopisu *Republika*. Nakon objavljivanja, rad je izazvao brojne direktne i indirektne kritike kod hrvatskih i stranih lingvista i kroatista (Grčević, 2002; Ausburg, 2002; Kapović, 2013 itd.). O toj se temi vrlo aktivno raspravljalo kako u znanosti, tako i u javnosti, posebice u medijima. Prema nekim lingvistima ova je tema izuzetno ispolitizirana te su postavljena pitanja koja u srži nisu lingvistička, primjerice pitanje naziva (srpskohrvatskoga) jezika, koje uopće nije znanstveno, već je kao i druga znanstvena terminologija, stvar konvencije. O političkoj nekorektnosti ovoga naziva pisali su brojni lingvisti i kroatisti (Kapović, 2013; Grčević, 2002 i dr.).

hrvatskoga jezika zastupaju na temelju lingvističkih dokaza u obliku razlika na fonetskoj, fleksijskoj, tvorbenoj, sintaktičkoj, stilističkoj i leksičkoj razini uspoređivanih jezika.

Nakon Benešićeva (1937) i Guberina-Krstić (1940) razlikovnih rječnika nastupa polustoljetni period u kojem nije bilo razlikovnih rječnika. Razlog tomu zasigurno ne treba tražiti u radu i idejama jezikoslovaca, tj. u jezičnim razlozima, već u izvanjezičnim faktorima (politici i jezičnoj ideologiji) koji su u to doba bili izrazito snažni i neodvojivi od jezičnoga razvoja hrvatskoga i srpskoga jezika.

Prije pada Jugoslavije, u Beogradu je objavljen *Srpsko-hrvatski rečnik varijanti*. Autor rječnika, Ćirilov (1989) pristupa pitanju hrvatskoga i srpskoga jezika s unitarističkoga (srpskoga) stajališta te naglašava da je buduća jezična politika: srpskohrvatski jedinstveni jezik. Nakon raspada Jugoslavije i osamostaljenja Hrvatske u razdoblju od tek dvije godine nastaje čak šest razlikovnih rječnika hrvatskoga i srpskoga jezika: Brodnjakov (1991) *Razlikovni rječnik srpskog i hrvatskog jezika*, rječnik *Razlike između hrvatskoga i srpskoga jezika* Šamije i Lukačića (1991), Šamijin (1992) rječnik *Razlikovnica hrvatskoga i srpskoga jezika*, Linkin (1992) *Mali jezični priručnik*, Krmpotićev (1992) *Jezični priručnik*, Pavunin (1993) razlikovni rječnik, *Govorimo li ispravno hrvatski?*

Najrecentniji rječnik, *Srpsko – hrvatski objasnidbeni rječnik* koji Samardžija objavljuje 2015. godine, napisan je s namjerom da se govornicima hrvatskoga olakša „razumijevanje srpskih općeleksičkih i češćih terminoloških osebjnosti kad se i ako se s njima suoče u govorenoj i(li) pisanoj komunikaciji“ (Samardžija, 2015: 5). Autor napominje da se ovim rječnikom nisu nastojale popisati razlike između hrvatskoga i srpskoga leksika, niti opisati razlike u jezičnoj praksi između dviju govorno-jezičnih zajednica, kao što je to bio slučaj u prethodnim rječnicima.

## 2.4. Vokalski sustavi

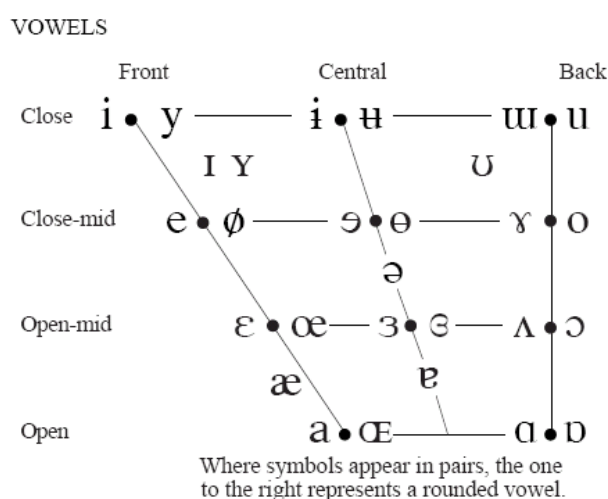
Britanski fonetičar iz 20. stoljeća, David Jones, osmislio je grafički prikaz vokala koji se koristi i danas. Jonesovim vokalskim trapezom predstavljeni su osnovni kardinalni vokali<sup>49</sup>, prema kojima se mogu opisati „stvarni vokali pojedinoga jezika ili idioma“ (Jelaska, 2004; Crystal, 2011). U središtu trapeza nalazi se osam primarnih kardinalnih vokala ([i], [e], [ɛ],

---

<sup>49</sup> Ideju o sustavu kardinalnih vokala predložio je A. J. Ellis 1844. godine, a preuzeo ga je A. M. Bell u svome radu *Visible Speech*. Na njihov se rad nastavio David Jones, koji je pod terminom *kardinalnih vokala* poimao perceptivno procijenjene karakteristike vokala, koji su osmišljeni u općem fonetskom smislu i nisu jezično specifični.

[a], [ɑ], [ɔ], [o], [u]), a periferne vokale ([y], [ø], [œ], [ɐ], [ɒ], [ʌ], [ɤ], [ʊ], [i], [ɨ]) Jones naziva sekundarnim kardinalnim vokalima (Hayward, 2000). Kad se simboli nalaze u paru, sekundarni kardinalni vokali nalaze se s desna primarnim vokalima i zaokruženi su tj. izgovaraju se sa zaokruženim i isturenim usnicama. U trapezu su na različitim osima grafički prikazana artikulacijska obilježja: prednjost, odnosno stražnjost na horizontalnoj osi i visina jezika na vertikalnoj osi.

Međunarodno fonetsko udruženje IPA<sup>50</sup> razradilo je Jonesov vokalski sustav te predlažu standardizirani IPA vokalski trapez, koji je moguće dodatno modificirati posebnim simbolima. U priručniku napominju da vokale nije moguće opisati prema mjestu tvorbe, jer za razliku od konsonanata, nemaju intenzivna sužavanja vokalnoga trakta. Vokali su predstavljeni kroz „apstraktni vokalski prostor“, koji je poznatiji pod nazivom vokalski trapez (vidi *Sliku 4*) (IPA: Handbook of the International Phonetic Alphabet, 1999: 10).



Slika 4. Prikaz IPA vokalskoga trapeza<sup>51</sup>.

<sup>50</sup> Međunarodno fonetsko udruženje (*International Phonetic Association*), IPA, osnovano je 1886. g. u Parizu, a njihov cilj sastoji se u promoviranju fonetske znanosti i njenih praktičnih primjena. Pod istom kraticom vodi se i međunarodni fonetski alfabet (*International Phonetic Alphabet*) koji omogućuje standardiziran fonetski prikaz svih jezika. IPA alfabetom nastoji se omogućiti prikladna upotreba i istovremena potreba za prikazom različitih glasnika koje možemo naći u svjetskim jezicima (IPA: Handbook of the International Phonetic Alphabet, 1999).

<sup>51</sup> Prikaz je preuzet sa službene mrežne poveznice IPA udruženja (<https://www.internationalphoneticassociation.org/content/ipa-vowels>; posljednji pristup: 22. studenoga 2017.)

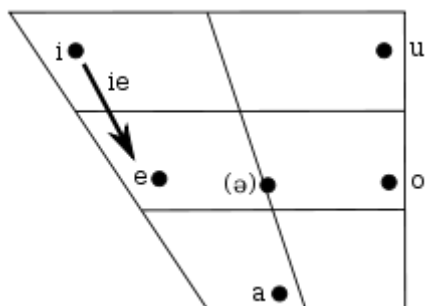
### 2.4.1. Vokalski sustav hrvatskoga jezika

„Otvornici ili vokali glasovi su pri čijem je oblikovanju otvoren, slobodan prolaz zračnoj struji. Otvornici su glasovi bez posvemašnjega zatvora u ustima, ili s takvim stupnjem sužavanja koji ne dovodi do trenja.“ (Jelaska, 2004: 38). U popisu i opisu vokalskoga sustava hrvatskoga jezika, hrvatski su jezikoslovci, fonetičari i lingvisti djelomično neusuglašeni. Prema nekim autorima hrvatski vokalski sustav čini pet vokalskih samoglasnika hrvatskoga jezika /i, e, a, o, u/ (Brozović, 2007). Prema Težaku i Babiću (2007), Brozoviću (1991), Barić i sur. (1995), Jelaski (2004) te Škariću (2009), hrvatski ima šest vokala. Brozović (1991) i Škarić (2007; 2009) navode: /i, e, a, o, u, ə/, dok Jelaska (2004) te Težak i Babić (2007) navode monoftonge /i, e, a, o, u/ te jedan složeni, diftonški vokal /ie/, za koji Škarić (2009) naglašava da se ostvaruje samo u prihvatljivom tipu hrvatskoga. Carović u svojoj doktorskoj disertaciji iznosi detaljan „pregled prikaza hrvatskoga vokalskog prostora u literaturi“, komentirajući pritom da se „jedan dio opisa odnosi na mjesto izgovora vokala, a drugi na položaj jezika“ (Carović, 2014: 33).

Osim u određivanju broja vokala, neslaganja među stručnjacima primjetna su i u određivanju mjesta tvorbe vokala hrvatskoga jezika. Barić i sur. (1995) opisuju da su vokali [i] i [e] tvrdonepčani, vokal [a] srednjonepčani, a vokali [o] i [u] mekonepčani. Prema Škariću (1991), vokal je [a] središnji i ostvaruje se između tvrdonepčanih i mekonepčanih, vokal [o] je prednjomekonepčani, dok je [u] stražnjomekonepčani. Prema Jelaski (2004) i Varošaneć-Škarić (2010), vokali su [u] i [o] stražnji, od kojih je [u] zatvoren, a [o] poluzatvoren i zaokružen. Vokale [i] i [e] autorice definiraju kao prednje, od kojih Varošaneć-Škarić (2010) vokal [i] opisuje kao zatvoren, a [e] kao poluzatvoren i kardinalan. Vokal [a] iste autorice opisuju kao središnji i otvoren, dok Težak i Babić (2000) pojednostavljeno navode da se vokal [a] tvori središnjim dijelom jezika, a vokali [o] i [u] stražnjim.

Ultrazvučni podatci i rezultati analize artikulacije vokalskoga sustava hrvatskoga jezika u doktorskoj disertaciji Carović (2014) jednim su dijelom potvrdili dosadašnje prikaze u normativnim priručnicima, a drugim su dijelom donijeli nove spoznaje. Naime, vokali [i] i [u] potvrđeni su kao visoki, međutim, vokal [i] pokazao se ipak nešto višim. Koeficijent težišta ukazao je na to da vokal [a] nije središnji, kao što se prikazuje u literaturi, već da je izgovorno vrlo blizu stražnjih vokala.

Prema IPA priručniku<sup>52</sup> (Landau et al., 1999) hrvatski se vokalski sustav sastoji od pet monofonških vokala /i, e, a, o, u/, koji se ostvaruju kao dugi ili kratki te diftonga /ie/ koji je uvijek dug (vidi *Sliku 5*). Spominje se i slogotvorno /r/ koje može biti dugo (četiri do pet vibracija) ili kratko (jedna do dvije vibracije).



Slika 5. Prikaz vokalskoga sustava hrvatskoga jezika<sup>53</sup> (Landau et al., 1999).

Prema Škariću (2009), u hrvatskome je jeziku najveća raznolikost u sloju vokala. Osim što upućuju na govornikovo geografsko porijeklo istovremeno su i važan indikator ostalih društvenih informacija, kao što su porijeklo, socioekonomski status itd., o čemu su pisali i drugi autori (Hollien, 1990; Rose, 2002; Varošaneć-Škarić, 2010; Kišiček, 2013; Skarnitzl et al., 2015). Od svih vokala hrvatskoga jezika, prema Škariću (2009) je najrazlikovniji vokal [a], koji izgovorno može ići prema vokalu [o], može biti neutraliziran i ići prema [ə], može biti taman i stražnji [ɑ], stražnji i zaokružen ([ɔ]) ili se može reducirati u zanaglasnom položaju ([ɐ]). Varošaneć-Škarić (2010) naglašava da se kvaliteta mijenja i ovisno o poziciji u kojoj se pojavljuje unutar riječi.

#### 2.4.2. Tipovi hrvatskoga jezika

Prema Škariću (2009) idiomatska raznolikost hrvatskoga jezika vidljiva je u tri dimenzije: prostornoj, vremenskoj i funkcionalnoj. Prostorna se dimenzija još naziva zemljopisnom (Mićanović, 2008), a ogleda su u varijantama hrvatskoga jezika kojima se govori u Zagrebu, Puli, Rijeci, Osijeku, Slavonskome Brodu, Varaždinu, Gospiću, Zadru, Dubrovniku itd. Vremenskom su dimenzijom okupljene varijante hrvatskoga jezika kojima su pisane *Bašćanska ploča*, Marulićeva *Judita*, Novakova *Črna mati zemla* itd. Hrvatski jezik prema

<sup>52</sup> U IPA priručniku Landau i sur. (1999) daju pregled fonetike hrvatskoga jezika. Osim prikaza vokalskoga i konsonantskoga sustava hrvatskoga jezika, autori su opisali asimilacijska pravila te suprasegmentalna obilježja (mjesto udara i naglaske). Prikaz hrvatskoga jezika temeljio se na govoru 57 godina stare spikerice hrvatske državne televizije (HRT), čiji govorni stil predstavlja govor educiranih govornika hrvatskoga jezika.

<sup>53</sup> Prikaz vokalskoga sustava hrvatskoga jezika preuzet je iz IPA priručnika (Landau et al., 1999).

funkcionalnoj ili okomitoj dimenziji bogate različiti stilovi: javni, organski, subkulturni, visoki, svečani itd. Škarićeve tri dimenzije idiomatske raznolikosti gotovo u potpunosti odgovaraju Coseriuovim glavnim kriterijima jezika (prostor, društveni sloj i situacija), kojima se pridodaje i kriterij vremena (prema Dittmar, 1997).

Kada govori o hrvatskome u užem smislu, Škarić misli na „zajednički ili opći jezik svih današnjih Hrvata“ (Škarić, 2009: 20), koji se dijeli na tri tipa: klasični, općeprihvaćeni i prihvatljivi hrvatski. Klasični je hrvatski nastao normativističko-političkim putem i oblikovao se pobjedom hrvatskih *vukovaca* u 19. stoljeću, s naglaskom na tri ključna djela:

- Brozov *Hrvatski pravopis* iz 1892. g.,
- Ivekovićev i Brozov *Rječnik hrvatskoga jezika* iz 1901. g. te
- Maretićevu *Gramatiku i stilistiku hrvatskoga ili srpskog književnog jezika* iz 1899. g.

U to je doba Daničić objavljivao nekoliko naglasnih studija na temelju kojih kasnije, 1924. godine nastaje Rešetarova knjiga *Srpski akcenti*, od koje se stroga norma klasičnoga hrvatskoga neznatno razlikuje (Škarić, 2009). Škarić dalje napominje da je klasični hrvatski, barem na razinama fonologije i gramatike, „gotovo posve istovjetan sa srpskim književnim jezikom, pa se od početka i sve dalje taj jezik i nazivao hrvatski ili srpski, srpski ili hrvatski, hrvatskosrpski ili srpskohrvatski“ (Škarić, 2009: 20).

S druge pak strane, općeprihvaćeni je hrvatski nastao spontano u komunikaciji i vodi se sociolingvističkim zakonitostima. Od klasičnoga se hrvatskoga u najvećoj mjeri razlikuje na razinama fonemike i fonetike. Razvijao se u dijakroniji i njegov se razvoj dovršava u sadašnjosti na temelju optimalne komunikacije između govornika kajkavske, štokavske i čakavske osnovice. Oblici su u općeprihvaćenome idiomu pravedno udaljeni od govornikovih organskih idioma i oblikuju se u smjeru većini najpoželjnijih (Ibid). Prema tim načelima demokratizacije i čestotnosti, oblikovao se neutralni općeprihvaćeni hrvatski, kojemu je glavni cilj komunikacijska i integracijska zadaća.

Sociolingvistički je uvjetovan i posljednji tip hrvatskoga – prihvatljivi, koji je inačica općeprihvaćenoga hrvatskog. Njegovi su fonemski i fonetski oblici negdje između klasičnoga i općeprihvaćenoga hrvatskoga, a nastanak mu je prouzročen dvjema težnjama:

- nastojanju nenovoštokavaca da iz profesionalnih razloga budu govorno što ispravniji, odnosno da što dosljednije slijede klasičnu norme te

- nastojanju novoštokavskih govornika da usvoje općeprihvaćeni hrvatski govor (Škarić, 2007: 25).

Iako pojedini autori hrvatski općeprihvaćeni hrvatski uspoređuju s engleskim RP izgovorom, Kalogjera (2003) upozorava da je ta usporedba neopravdana, ponajprije zbog uloge kodifikacije u engleskome jeziku. Kalogjera u svome radu sažeto razrađuje nastanak engleskoga prihvaćenoga govora (engl. *received pronunciation*, skraćeno RP), koji se temeljio na društveno prestižnome govoru kojim su se „služili viši slojevi i težili su mu govornici koji su nastojali socijalno napredovati“ (2003: 181). S obzirom na to da su se društveni uvjeti u Velikoj Britaniji promijenili te da je došlo do procvata visoke naobrazbe, RP prestaje biti jedinim prestižnim izgovorom i pridružuju mu se i drugi lokalni govori koji postupno postižu veći prestiž. S obzirom na to da onovica hrvatskoga standarda (novoštokavski govor) nije uspjela postići prestiž niti u obrazovanim krugovima, Kalogjera zaključuje da to implicitno upućuje na nejednakost naziva RP i općeprihvaćenog hrvatskog, kao i svega što Škarić pod njim poima.

Martinović (2014) također komentira Škarićev općeprihvaćeni tip hrvatskoga, ističući da je vrlo često stilski obilježen, ponajprije govorom većih urbanih središta. Oba autora (Škarić, 1991; Martinović, 2014) naglašavaju da su u tom tipu hrvatskoga zamjetni neusustavljeni i nedosljedni obrasci naglašavanja, zbog veće slobode u naglašavanju. Najčešće se spominje ukidanje zabrane silaznih naglasaka na unutarnjim slogovima riječi te na posljednjem slogu. Martinović (2014) ističe da je sustavnost i dosljednost naglasne norme hrvatskoga jezika narušena onoga trenutka kada su se silazni naglasci pojavili na nepočetnim slogovima riječi.

#### **2.4.3. Vokalski sustav srpskoga jezika**

Prema većini autora srpski jezik broj pet monoftonških vokala /i, e, a, o, u/ (Simić & Ostojić, 1996; Marković & Bjelaković, 2008; Okuka, 2008; Jovičić & Kašić, 2009; Marković, 2012; Sudimac, 2016). Ivić i Lehiste (1967) govore i o šestome vokalu, slogotvornome [ɾ]. Iako Marković (2009) navodi da slogotvorno [ɾ] uz preostale vokale srpskoga jezika može biti naglašen te da u tom slučaju neutralni glasnik [ə] nosi naglasak, ne smatra ga elementom vokalskoga sustava. S druge pak strane, autorica ističe da je duge i kratke vokale srpskoga jezika potrebno zasebno analizirati, kako u artikulacijskim tako i u akustičkim analizama.

Punišić i Sawicka (2007: 557) također opisuju srpski fonološki sustav navodeći da „pripada slovenskim sistemima sa bogatim vokalizmom i ujednačenim, odnosno siromašnim



konsonantizmom. Razlog toga leži u postojanju dužina samoglasnika na fonemskome nivou što duplira broj samoglasničkih jedinica ...“. Autorice objašnjavaju da srpski vokalski sustav u biti broji deset vokala, od kojih je pet kratkih i pet dugih monoftonga ([i], [i:], [e], [e:], [a], [a:], [o], [o:], [u], [u:]) (Punišić & Sawicka, 2007). Vokalski parovi koji se razlikuju po trajanju, ne razlikuju se u mjestu i načinu tvorbe. Prema tome, vokale [i] i [i:] autorice definiraju kao prednje i visoke, [e] i [e:] kao srednje i prednje, vokale [a] i [a:] kao središnje i niske, [u] i [u:] kao stražnje i visoke, a vokale [o] i [o:] kao stražnje i srednje. Za dugi vokal [u:] navode da je labijaliziran, dok su kratki i dugi [o] blago labijalizirani.

Marković (2012) vokale srpskoga jezika dijeli prema visini (koja ima tri razine) te poziciji jezika. Prema tom kriteriju raspodjele vokal je [a] najniži ili najotvoreniji, vokali [e] i [o] na drugoj su razini otvora, dok su [i] i [u] visoki ili zatvoreni te se nalaze na posljednjoj razini otvora. Prema tradicionalnome su mjestu artikulacije vokali [i] i [e] prednji, vokal je [a] središnji ili centralni, dok su vokali [u] i [o] stražnji. Autorica napominje da labijalizacija u srpskome jeziku nije distinktivno nego sekundarno, redundantno obilježje te da se javlja samo pri izgovoru stražnjih vokala [u] i [o].

### 3. PREGLED PRIJAŠNJIH FONETSKIH ISTRAŽIVANJA U HRVATSKOME I SRPSKOME JEZIKU

#### 3.1. Istraživanja formantskih frekvencija u hrvatskome jeziku

Prvi rad o formantskoj analizi u hrvatskome jeziku javlja se 1990. g. U radu su mjerene prosječne vrijednosti prvih dvaju formanata u izoliranome izgovoru vokala između dviju okluzija te u rečenici (Bakran, 1990). Sve su vrijednosti izmjerene u govoru jednoga odraslog muškarca, a u istraživanju je ispitan i utjecaj dužine naglaska na vrijednosti formanata. Rezultati provedenoga istraživanja pokazali su da se frekvencije formanata vokala u naglašenome slogu manje reduciraju u odnosu na nenaglašeni, odnosno da se frekvencijski manje približavaju neutralnome šva.

Iste je godine objavljen rad u kojemu su mjerene prosječne frekvencije formanata hrvatskoga standardnog govora (Bakran & Stamenković, 1990). Istraživanje je provedeno na ukupno 45 govornika hrvatskoga jezika: 17 odraslih muškaraca, 7 žena te 21 djetetu. Raspon starosti bio je izrazito velik: muškarci su bili starosti od 20 do 80 godina, žene od 20 do 54 godine, a djeca od 7 do 11 godina. Materijal koji su govornici čitali sastojao se od 10 jednosložnih riječi s dugim naglaskom. Za svaki su vokal snimljene po dvije riječi kojima su pridodane još dvije za neutralni vokal šva. Kod svih je govornika bio zadovoljen uvjet standardnog izgovora, što znači da autori nisu u obzir uzimali dijalektalne govore. Formantske frekvencije računale su se iz središnjega stabilnog dijela vokala. Rezultati provedene studije ukazuju na najviše vrijednosti formanata kod djece, niže vrijednosti kod žena i najniže kod muškaraca.

Škarić (1991) navodi prosječne vrijednosti prvih triju formanata za svih pet standardnih hrvatskih vokala, ne ističući pritom metodološke pojedinosti te podatke o materijalu i govornicima. U rezultatima autor osim navođenja numeričkih vrijednosti, opisno komentira da vokal [e] ima formantske vrijednosti između onih za vokale [i] i [a] te da se vrijednosti za vokal [o] nalaze između onih za vokale [a] i [u] (Škarić, 1991).

Bakran u svojoj knjizi *Zvučna slika hrvatskoga govora* (1996) navodi vrijednosti prvih triju formanata dobivenih na temelju izolirano izgovorenih svih pet vokala hrvatskoga jezika te iz naglašenih vokala u jednosložnim riječima. Formanti su mjereni na izrazito malom uzorku: kod jednog muškog govornika te jedne sedmogodišnje djevojčice. Metodologija mjerenja formanata nije detaljno razrađena. Autor u knjizi navodi da ne postoje nedvosmisleni kriteriji za to što možemo nazvati *targetom*, odnosno „istaknutim dijelom u spektru“ te da „uspješnost

analize ovisi i o samokritičnosti (strogosti) istraživača“ (Bakran, 1996: 44), o čemu pišu i drugi autori (Brown, 2006; Harrington, 2013).

Deskriptivnom akustičkom analizom hrvatskih četiriju naglasaka Pletikos (2003) na temelju snimljena tri uzorna govornika hrvatskoga jezika opisuje formantsku strukuru vokala standardnoga hrvatskoga jezika, trajanje vokala, tijek intonacije te intenziteta. Mjere formantskih frekvencija analizirane su u središnjemu dijelu naglašenoga vokala, u kojemu su najmanji utjecaji okolnih glasnika (Pletikos, 2003).

Varošanec-Škarić (2005) u knjizi *Timbar* navodi prosječne vrijednosti prvih četiriju formanata u različitim govornim izvedbama:

- pri fonaciji vokala [a] u postavljanjima s pritvorenim nosom kod muškog i ženskog glasa,
- u modalnoj, šaptavoj i škripavoj fonaciji vokala [a] kod jednog muškog glasa,
- u modalnoj, vrlo napetoj šaptavoj te opuštenoj šumnoj fonaciji vokala [a] kod jednog ženskog glasa,
- u neutralnoj fonaciji vokala [a] i [ə] za različite vrste postavljanja (sa spuštanim larinksom, spuštanim larinksom i zaokruženim usnama te samo sa zaokruženim usnama) kod muškaraca i žena,
- kod neutralnog, palataliziranog, faringaliziranog, dentaliziranog i labiodentaliziranog postavljanja ženskog glasa,
- kod neutralnog, podignutog i spuštenog postavljanja larinksa,
- u faringalnim postavljanjima (bočno širenje, širenje sprijeda, stezanje orofarinksa te laringo-faringalno postavljanje), u neutralnom postavljanju i u zijevanju sa spuštеном чѐljusti kod ženskog glasa<sup>54</sup>.

U novijem izdanju knjige *Glasovi i oblici hrvatskoga književnoga jezika* opisno se spominju formanti u tri tipa hrvatskoga, navodeći da u prihvatljivom i općeprihvaćenom tipu „svi vokali uglavnom čuvaju svoju boju bez obzira na to jesu li kratki ili dugi“ (Škarić, 2007: 78). Autor znatnu razliku zamjećuje u klasičnom tipu hrvatskoga, kod vrijednosti F1 i F2. Nažalost, u knjizi nisu navedene metodološke pojedinosti kao ni numeričke vrijednosti formanata.

---

<sup>54</sup>Osim formantskih vrijednosti vokala kod govornika urednog govornog i slušnog statusa, autorica u knjizi iznosi i formante vokala [a] nagluhe i gluhe muške i ženske osobe. Osim vrijednosti formanata za govor autorica navodi i vrijednosti pjevačkih i glumačkih formanata (Varošanec-Škarić, 2005).

U knjizi *Fonetska njega glasa i izgovora* (Varošanec-Škarić, 2010) autorica iznosi prosječne vrijednosti različitih akustičkih varijabli kod studenata glume i ostalih studenata, između ostaloga i vrijednosti prvih dvaju formanata za muške i ženske glasove u pjevanju i govoru.

Kišiček (2012) u svojoj disertaciji *Forenzično profiliranje i prepoznavanje govornika urbanih varijeteta hrvatskoga jezika* (2012) iznosi prosječne formantske vrijednosti prvih četiriju formanata za svih pet hrvatskih vokala. Vrijednosti su mjerene na korpusu najlošije i najbolje procijenjenih muških i ženskih glasova (N=44) prema kriteriju regionalnosti (Kišiček, 2012).

U novijem pilot istraživanju (Varošanec-Škarić & Bašić, 2015) provedenome u sklopu dvaju kratkoročnih potpora Sveučilišta u Zagrebu<sup>55</sup> te u okviru izrade ove disertacije, analizirani su vokali kod 28 govornika općeprihvaćenoga hrvatskog govora ( $N_m=14$  i  $N_z=14$ ). Formanti su mjereni u središnjem stabilnom dijelu naglašenoga vokala u ciljanoj riječi koja se nalazila na kraju izjavne rečenice. Nastavno na taj rad, manjom su kontrastivnom analizom (Varošanec-Škarić, Bašić, & Kišiček, 2016) ispitane jezične razlike u formantskim frekvencijama kod 14 muških govornika hrvatskoga i 14 govornika srpskoga jezika. U studiji su mjerene vrijednosti prvih triju formanata u stabilnim medijalnim dijelovima naglašenoga vokala.

U drugom kontrastivnom istraživanju, u kojem su mjerene frekvencije prvih četiriju formanata, analiziran je odnos vokalskih sustava hrvatskog, slovenskog i srpskog jezika (Varošanec-Škarić et al., 2017). U hrvatskom i srpskom jeziku materijal se sastojao od liste od 50 rečenica, a u slovenskome od 80 rečenica, zbog bogatijeg vokalskog sustava. Ciljane su se riječi nalazile u finalnome položaju, a formanti su mjereni u jednoj točki stabilnoga dijela naglašenoga vokala. U istraživanju su ispitane akustičke sličnosti i razlike vokalskih sustava analiziranih jezika kod muških govornika (Varošanec-Škarić et al., 2017).

### **3.2. Istraživanja formantskih frekvencija u srpskome jeziku**

Najranija akustička istraživanja u srpsko-hrvatskom jeziku proveli su Ivić i Lehiste (1963; 1965; 1967). Govornici su snimani magnetofonski u laboratorijskim uvjetima u svrhu „utvrđivanja fonetske prirode naglasaka, opisivanja međuovisnosti naglasaka riječi i rečenične intonacije te strukturalno-lingvističke interpretacije analiziranih pojava“ (Ivić & Lehiste, 1963: 31). Analize su provođene na govoru dviju skupina govornika: većoj od 14 govornika ( $N_z=8$  i  $N_M=6$ ) te na drugoj skupini koju je činio samo jedan govornik. Govornici su bili dijalektalno heterogena skupina zbog pripadnosti različitim dijalektima srpsko-hrvatskoga

---

<sup>55</sup> *Forenzička fonetika 2: standardiziranje zvučnih postupaka* (2014) te *Forenzička fonetika 3: Mjere fundamentalne frekvencije ( $f_0$ ) muških govornika* (2015).

jezika. Veća je govorna skupina čitala skraćeni govorni materijal koji se sastojao od 75 riječi, dok je govornik iz druge skupine čitao dva veća govorna materijala (877 riječi i 277 rečenica). Na istome su korpusu provedena sva tri istraživanja (Ivić & Lehist, 1963; 1965; 1967).

U posljednjem su radu mjerene formantske vrijednosti kod kardinalnih srpsko-hrvatskih vokala ([i], [e], [a], [o] i [u]) te na nefonemskome šva ([ə]) (Ivić & Lehist, 1967). Vrijednosti prvih triju formanta navedene su za naglašeni i nenaglašeni slog, kod svakog govornika pojedinačno i prosječno za pet muškaraca i sedam žena.

Dvadesetak godina kasnije javlja se druga formantska studija, predstavljena u knjizi *Osnovi fonologije srpskohrvatskoga književnog jezika* (Simić & Ostojić, 1989). Autori navode vrijednosti prvih triju formanta za svih pet srpskih vokala. Osim numeričkih vrijednosti formanta, raspoređenost vokala prikazana je unutar vokalskoga trapeza, a slikovni se prikaz temeljio na prosječnim vrijednostima prvih dvaju formanta.

O utjecaju četiriju naglasaka srpskohrvatskoga jezika na formantske vrijednosti vokala pisali su Ivić i Lehist (1996) u knjizi *Prozodija reči i rečenice u srpskohrvatskom jeziku*. U radu se navode prosječne formantske vrijednosti prvih triju formanta za pet srpskih vokala [i], [e], [a], [o], [u] te za slogotvorno [r]. Vrijednosti su mjerene u stabilnom medijalnom dijelu naglašenog vokala (Ivić & Lehist, 1996).

Godinu dana kasnije Rađenović i Jovičić (1997) objavljuju rad o akustičkim promjenama govora u buci s naglaskom na formantske vrijednosti svih vokala srpskoga jezika u normalnim uvjetima te u uvjetima buke. Formantske analize provedene su na središnjem dijelu formantskih kontura kod svakoga govornika (10 muških spikera) u tri rečenice u kojima je analizirano po pet vokala, zasebno u oba uvjeta snimanja.

Jovičić (1999) u svojoj knjizi *Govorna komunikacija – fiziologija, psihoakustika i percepcija* nakon opisa vokala s artikulacijskog stajališta, iznosi raspored formanta za muški i ženski glas, ističući pritom da prva tri formanta nose osnovna obilježja vokala, ali da su F1 i F2 dovoljni za prepoznavanje vokala. Autor naglašava da „treći formant daje jasnoću i poboljšava kvalitetu glasa, pravi razliku između prednjih i stražnjih glasova te karakterizira palatalizaciju“ (Jovičić, 1999: 41).

Nekoliko godina kasnije objavljeno je novo istraživanje o prosječnim vrijednostima prvih triju formanata za muške i ženske govornike srpskoga jezika te vrijednosti formanata u riječima s različitim naglascima (Gudurić, 2004).

Na prethodno provedena istraživanja nastavljaju se akustičke analize naglašenih i nenaglašenih vokala u govoru Novoga Sada, autorica Marković i Bjelaković (2006), u kojima su opisana trajanja svih pet srpskih vokala. U doktorskoj disertaciji *Kontrastivna analiza akustičkih i artikulacionih karakteristika vokalskih sistema engleskog i srpskog jezika*. Marković (2007) je analizirala ženske govornice srpskoga jezika koje su studentice 1. godine engleskoga jezika i koje su s područja Novoga Sada (Marković, 2007). Govornice su u studijskim uvjetima čitale odlomak teksta na srpskom i na engleskom jeziku te pojedinačne riječi na oba jezika. Akustičkom analizom u Praat-u mjerene su vrijednosti prvih dvaju formanata te trajanje vokala na 3 029 riječi.

Marković i Bjelaković (2008) dvije godine kasnije objavljuju rad o vokalskim sustavima srpskog i hrvatskog jezika, u kojemu su prikazani rezultati kontrastivne akustičke analize naglašenih vokala u oba jezika. Analiza je provedena na 19 govornika srpskoga jezika i 16 govornika hrvatskoga jezika. Govornici srpskoga jezika snimljeni su u studijskim uvjetima i služe se standardnim srpskim (s područja šumadijsko-vojvođanskog dijalekta i pojasa istočnohercegovačkog dijalekta). Snimke govornika hrvatskoga jezika (N=12 iz Bjelovara, Graza, Poreča, Rijeke i Zagreba) preuzete su iz Gralis Fix korpusa, dok je ostalih četvero govornika hrvatskoga jezika, iz Zagreba i Osijeka, snimljeno u studijskim uvjetima. Za govornike hrvatskoga jezika nije utvrđeno govore li standardnim hrvatskim ili nekim od hrvatskih dijalekata. U radu je navedeno da se materijal na temelju kojih je provedena formantska analiza razlikovao za hrvatski i srpski jezik, kao i među različitim govornicima hrvatskoga jezika, što je dodatno moglo utjecati na dobivene vrijednosti formanata.

Godinu dana kasnije autorice objavljuju studiju o analizi govora stanovnika sa šireg područja Srbije koji se služe standardnim srpskim jezikom (Marković & Bjelaković, 2009). Za potrebe rada analiziran je govor 11 žena i 8 muškaraca, koji su snimljeni u studiju. Formantska analiza provedena je u softverskom programu Praat, a mjerenja formanata provedena su samo na naglašenim vokalima. Formanti su mjereni u stabilnom dijelu vokala, iza početnih i prije završnih tranzijenata. Autorice su formantsku analizu provodile isključivo na gotovo paralelnima formantima u medijalnom dijelu vokala, kako bi se što više umanjio koartikulacijski utjecaj.

U okviru forenzičke fonetike, Jovičić i Kašić (2009) ispitivali su govorne varijacije unutar govornika, u forenzici poznate pod pojmom *intraspeaker variability*. U radu su grafički prikazane vrijednosti prvoga i drugoga formanta u izolirano izgovorenih pet srpskih vokala. Autori su između ostaloga analizirali i utjecaj okolinskih učinaka (Lombaridjev učinak, različiti načini držanja mobilnoga uređaja) na neke govorne parametre. U radu se nastojao ispitati utjecaj varijacija unutar govornika na „suvremene govorne tehnologije, automatsko prepoznavanje govora i sintezu govora“ (Jovičić & Kašić, 2009: 138).

Na temelju frekvencijskih vrijednosti prvih triju formanta Prica i Ilić (2010) ispitivali su uspješnost prepoznavanja vokala srpskoga jezika. Uz pomoć korelacije između formanta i svakoga vokala autori su razvili algoritam za rjeđe preklapanje različitih vokala u F1-F2 te F2-F3 područjima.

Jovanović i Jovičić (2011) na temelju zapisa uobičajene komunikacije mobilnim uređajem uspoređuju akustičke karakteristike formanta prilikom sedam različitih situacija koje odstupaju od uobičajene (različit način izgovora i držanja mobilnog uređaja). Mjerene su frekvencije prvih četiriju formanta LTF metodom.

Nekoliko godina kasnije Marković objavljuje knjigu *Uporedna proučavanja vokala engleskog i srpskog jezika: između univerzalnog i specifičnog* (2012a) u kojoj uspoređuje vokale srpskog i engleskog jezika kod 15 ženskih govornica. Autorica je svaki vokal obradila zasebno, započinjući s artikulacijskim opisom vokala. Nakon toga, uslijedio je akustički opis s frekvencijskim vrijednostima analiziranih formanta (F1-F3), čije su vrijednosti mjerene u središnjem stabilnom dijelu naglašenoga vokala.

Iste godine Marković objavljuje rad o *teoriji disperzije* na primjeru vokala srpskoga jezika (Marković, 2012b). Autorica u radu naglašava da je opis srpskoga vokalskoga sustava u okviru teorije disperzije (fonološki pristup) idealiziran te da je za objektivan prikaz nužno uključiti akustičke parametre (prva dva formanta). U radu je korišten korpus iz prijašnjih istraživanja koje je autorica objavila u koautorstvu (Marković & Bjelaković, 2006; 2008).

U istraživanju Jovičića i suradnika (2015) ispitan je utjecaj različitih položaja u kojima se koristi mobilni uređaj na spektralne karakteristike govornoga signala. Autori su na manjem broju ispitanika analizirali formantne vrijednosti (F1-F3) srpskih vokala, ovisno o različitoj udaljenosti govornikovih usta od mobilnoga uređaja, kao i kut pod kojim ga govornik drži. Rezultati su pokazali da su najveće distorzije primijećene kod prvoga formanta (oko 30%),

manje kod drugoga (15%) i najmanje kod trećega (5%) (Jovičić, Jovanović, Subotić, & Grozdić, 2015).

Recentna akustička istraživanja o srpskome jeziku, usmjerena su na daljnje formantske analize srpskih vokala, ali s naglaskom na perceptivnoj te vrijednosnoj (pr)ocjeni različitih srpskih jezičnih varijeteta (Sudimac, 2016a). Iste godine, Sudimac (2016b) objavljuje studiju o kontrastivnoj analizi visokih/zatvorenih vokala kod govornika britanskog engleskog i srpskog jezika.

### **3.3. Istraživanja fundamentalne frekvencije u hrvatskome jeziku**

Prvo akustičko istraživanje o inherentnoj frekvenciji laringalnog tona (IF0) u hrvatskom standardnom govoru javlja se 1990. g. U radu je mjerena IF0 za vrijeme produžene fonacije vokala na: logatomima tipa CVCV, pseudoriječima, dvosložnim logatomima te izoliranim riječima (Bakran & Stamenković, 1990). Govorni su materijal čitale tri ženske i tri muške osobe. S obzirom na to da se IF0 može mjeriti pri izgovoru svih glasnika, u tom su radu vrijednosti IF0 mjerene i u vokalima i u konsonantima. Osim toga, istraživanjem je ispitana varijacija laringalnoga tona na razinama višima od glasa (utjecaj naglasaka, registra, rečenične intonacije itd.).

Na velikom uzorku od ukupno 207 govornika (104 muška i 103 ženska) provedeno je prvo istraživanje o korelaciji kategorije lijepih glasova i akustičke varijable prosječne  $F_0$  (Varošaneć-Škarić, 1998). Autorica je mjerenjem fundamentalne frekvencije utvrdila prosječne vrijednosti  $F_0$  vrlo ugodnih i lijepih te prosječnih muških i ženskih glasova. Rezultati su pokazali da su ugodni ženski glasovi nižega tona (151 Hz), ali ne preniskoga te da su ugodni muški glasovi uglavnom vrlo niske  $F_0$  (84 Hz).

Varošaneć-Škarić (2005) u knjizi *Timbar* navodi prosječne vrijednosti mjera  $F_0$  (medijan, min, max, S.D.) u istim fonacijskim postavljanjima i govornim izvedbama kao i pri mjerenju formanata (vidi poglavlje 3.1.).

U knjizi *Fonetska njega glasa i izgovora* Varošaneć-Škarić (2010) navodi prosječne vrijednosti brojnih akustičkih varijabli, između ostaloga i  $F_0$ , kod studenata glume i ostalih studenata. Različite mjere  $F_0$  mjerene su i kod pušača te nepušača u oba spola.

Kišiček u svojoj disertaciji (2012) navodi prosječne vrijednosti  $F_0$  kod najlošije i najbolje procijenjenih muških i ženskih glasova (N=44) prema kriteriju regionalnosti. Najbolje



procijenjeni govornici imali su očekivano niže vrijednosti  $F_0$  ( $F_{0\text{ž}}=160$  Hz i  $F_{0\text{M}}=105$  Hz) od najlošije procijenjenih ( $F_{0\text{ž}}=189$  Hz i  $F_{0\text{M}}=116$  Hz).

Od recentnijih radova u kojima je analizirana fundamentalna frekvencija, valja spomenuti istraživanje provedeno na uzorku od 37 govornika hrvatskoga jezika i isto toliko govornika srpskoga jezika (Biočina, Varošaneć-Škarić, & Bićanić, 2016). Godinu dana kasnije nastaje kontrastivan rad triju autorica (Varošaneć-Škarić, Biočina & Kišiček, 2017) u kojem su ispitane razlike između  $F_0$  kod muških govornika hrvatskoga, slovenskoga i srpskoga jezika. U radu su analizirana ukupno 42 govornika, po 14 izvornih govornika za svaki analizirani jezik. Osim tradicionalnih mjera fundamentalne frekvencije (prosječna vrijednost, medijan, minimum, maksimum, SD i sl.) autorice su u radu ispitali i suvremene forenzičke mjere za analizu  $F_0$  (baseline, alt baseline).

### **3.4. Istraživanja fundamentalne frekvencije u srpskome jeziku**

Vrlo je mali broj dostupnih radova o fundamentalnoj frekvenciji u srpskome jeziku. Najranija akustička istraživanja u srpsko-hrvatskome jeziku proveli su Ivić i Lehiste (1963; 1965; 1967). Na govoru dviju skupina govornika, većoj od 14 govornika srpskoga jezika (8 žena i 6 muškaraca) i manjoj, koju je činio samo jedan govornik, mjereno je kretanje frekvencije osnovnoga tona, trajanje te intenzitet vokala u naglašenome i zanaglasnom slogu, ovisno o različitim naglascima (Lehiste & Ivić, 1963). Autori u svome kasnijem radu (Ivić & Lehiste, 1965) navode i prosječne vrijednosti  $F_0$  mjerene na početku, vrhu i kraju naglašenog sloga te njihove intenzitetske vrijednosti.

U knjizi *Prozodija reči i rečenice u srpskohrvatskom jeziku* isti autori (Ivić & Lehiste, 1996) provode studiju o prosječnim vrijednostima  $F_0$  u inicijalnom, medijalnom i finalnom dijelu riječi. Istraživanje je provedeno na šest govornika, koji su podijeljeni u tri skupine: niske, srednje i visoke glasove, prema visini glasa. Govornici su čitali materijal koji se sastojao od 12 različitih riječi.

Jovičić (1999) u svojoj knjizi *Govorna komunikacija – fiziologija, psihoakustika i percepcija* navodi prosječne vrijednosti  $F_0$  za muški (121 Hz) i ženski glas (208 Hz) u srpskom jeziku.

#### 4. OSNOVNI CILJEVI I HIPOTEZE ISTRAŽIVANJA

Prijašnja fonetska i sociofonetska istraživanja, kako u hrvatskome, tako i u srpskome jeziku, uglavnom su provedena na muškim govornicima. U formantske analize vrlo su rijetko bili uključeni ženski i dječji glasovi, a ponekad su govornici muškoga i ženskoga spola svrstavani u jednu skupinu odraslih govornika. Također, u nekim su istraživanjima adolescenti, za koje je općenito poznato da prolaze glasovne mutacije u pubertetskom razdoblju, uvršteni u skupinu odraslih muških ili ženskih govornika. Najčešći metodološki nedostaci prijašnjih istraživanja o formantskim frekvencijama, uglavnom se odnose na izbor vrlo maloga broja govornika, oskudan govorni materijal, nedovoljan broj kriterija pri izboru govornika i sl.

Iako postoji određeni broj radova u kojima je provedena formantska analiza na vokalskome sustavu hrvatskoga jezika, ne može se reći da je on s jedne strane dovoljno detaljno, a s druge dovoljno opsežno akustički opisan. Stoga je ova doktorska disertacija motivirana suvremenim istraživačkim metodama u svjetskoj forenzičkoj fonetici te ostvarivanjem temelja za daljnji razvoj forenzičke fonetike u Hrvatskoj. S obzirom na to da se većina inozemnih forenzičkih analiza u stvarnim slučajevima zasniva na postojanju referentnih prosječnih vrijednosti (formanata, fundamentalne frekvencije itd.) dobivenih na većem broju govornika i izvođenju tzv. *omjera vjerojatnosti*, u svrhu daljnjega snaženja hrvatske forenzičke fonetike, bilo je potrebno sustavno utvrditi referentne vrijednosti koje će se kasnije moći koristiti kako u znanstvene (fonetske i lingvističke) svrhe, tako i u forenzičke svrhe.

Budući da spolne razlike među odraslim govornicima hrvatskoga jezika do sada nisu bile ispitane, pa stoga niti utvrđene (statističkom obradom podataka), u radu će se različitim akustičkim parametrima i mjerama ispitati jesu li razlike između muških i ženskih govornika hrvatskoga jezika statistički značajne ili nisu. Osim toga, ispitat će se jesu li analizirani akustički parametri spolno dimorfni i jesu li dovoljno snažan pokazatelj jezične razlikovnosti između govornika hrvatskoga i srpskoga jezika istoga spola. Naposljetku, u radu će se propitati i neke od temeljnih sociofonetskih postavki koje nisu univerzalne, što stvara obvezu dodatnoga istraživačkoga rada.

Svrhovitost i potreba za sustavnom obradom ove tematike potvrđena je i rezultatima na manjim ovjerenim uzorcima predistraživanja (Varošaneć-Škarić & Bašić, 2005; Varošaneć-Škarić et al., 2016; 2017).

S obzirom na prethodno spomenuto, u ovome su radu postavljeni sljedeći ciljevi istraživanja:

**C1:** Utvrdit će se referentne frekvencijske vrijednosti prvih triju formanata (F1, F2 i F3) te fundamentalne frekvencije za hrvatski jezik, zasebno za muškarce i žene.

**C1a:** Ispitat će se koartikulacijski utjecaj različitih fonetskih okruženja na frekvencijske vrijednosti formanata u hrvatskome jeziku.

**C2b:** Ispitat će se odnos među formantima (mjerom formantske disperzije) u hrvatskome jeziku.

**C2:** Utvrdit će se referentne frekvencijske vrijednosti prvih triju formanata (F1, F2 i F3) te fundamentalne frekvencije za srpski jezik, zasebno za muškarce i žene.

**C2b:** Ispitat će se odnos među formantima (mjerom formantske disperzije) u srpskome jeziku.

**C3:** Kontrastivnom akustičkom analizom usporedit će se i opisati vokalski sustavi hrvatskoga i srpskoga jezika.

Na temelju prethodnih istraživanja postavljeno je nekoliko hipoteza:

**H1:** Muški će govornici obaju jezika imati niže vrijednosti formantskih frekvencija te fundamentalne frekvencije u usporedbi sa ženskim govornicima istih jezika.

**H2:** Govornici različitih spolova više će se razlikovati na temelju prosječnih vrijednosti formanata, nego na temelju odnosa među formantima.

**H3:** Najveća varijabilnost formantskih frekvencija očekuje se pri izgovoru vokala [a], koji se u prethodnim sociofonetskim istraživanjima opisivao kao najrazlikovniji vokal u hrvatskome jeziku (Škarić, 2009; Kišiček, 2012; Carović, 2014).

**H4:** Vokal [u] bit će stražnjiji kod govornika hrvatskoga jezika obaju spolnih skupina u usporedbi s govornicima srpskoga jezika (Varošaneć-Škarić et al., 2016; 2017).

**H5:** Vokali [i] i [e] bit će prednjiji kod govornika hrvatskoga jezika obaju spolnih skupina u usporedbi s govornicima srpskoga jezika (Varošaneć-Škarić et al., 2016; 2017).

**H6:** Vokal [a] bit će zatvoreniji kod govornika hrvatskoga jezika obaju spolnih skupina u usporedbi s govornicima srpskoga jezika.

**H7:** Vokali [i] i [u] bit će zatvoreniji kod govornika hrvatskoga jezika obaju spolnih skupina u usporedbi s govornicima srpskoga jezika (Varošaneć-Škarić et al., 2016; 2017).

**H8:** Akustička raspršenost vokalskih sustava bit će veća kod žena nego kod muškaraca (Goldstein, 1980; Gordon & Heath, 1998; Hanson & Chuang, 1999).

**H9:** Prosječne vrijednosti fundamentalne frekvencije bit će niže kod govornika hrvatskoga jezika nego kod govornika srpskoga jezika (Škarić, 1998; Jovičić, 1999; Biočina et al., 2016).

**H10:** Frekvencijski raspon fundamentalne frekvencije bit će širi kod žena nego kod muškaraca (Johns-Lewis, 1986; Traunmüller & Eriksson, 1994; Pépiot, 2014).

**H11:** Govornici srpskoga jezika obaju spolova imat će širi raspon fundamentalne frekvencije nego govornici hrvatskoga jezika.

**H12:** Vrijednosti fundamentalne frekvencije pozitivno će korelirati s formantskim frekvencijama.

## 5. METODOLOGIJA RADA

### 5.1. Ispitanici

Za potrebe doktorskoga rada snimljena su i analizirana ukupno 162 govornika<sup>56</sup> (vidi *Prilog I-4*), od kojih je podjednak broj izvornih govornika hrvatskoga ( $N_{hrv}=81$ ) i srpskoga jezika ( $N_{srp}=81$ ). Kriterij izvornosti govornika, jezika koji se istražuje, smatra se jednim od temeljnih kriterija za odabir ispitanika (Ladefoged, 2003). U obje je skupine govornika bio zastupljen podjednak broj muškaraca i žena, pa je tako za svaki jezik snimljeno po 35 govornica ( $N_{hrv\text{ž}}=35$ ;  $N_{srp\text{ž}}=35$ ) i 46 govornika<sup>57</sup> ( $N_{hrvM}=46$ ;  $N_{srpM}=46$ ). Ladefoged (2003) preporučuje da se uzorkom u sociolingvističkim i sociofonetskim istraživanjima obuhvate govornici obaju spolova, zbog supostojećih razlika u fonemici, fonetici, leksiku itd., što je potvrđeno u većini jezika. Autor također navodi da je optimalan broj govornika po spolu 12, dok bi idealan broj govornika po spolu bio od 12 do 20.

Govornici su birani prema pet kriterija:

- govornom statusu,
- mjestu rođenja i dužeg boravka,
- porijeklu roditelja,
- stupnju obrazovanja te
- godini rođenja.

Prva su tri kriterija izabrana zbog potrebe za što manjim utjecajem lokalnih govora, idioma ili čak jezika na pojedinčev govor. S obzirom na to da se u radu analizira vokalski prostor *općega* hrvatskoga i srpskog izgovora bilo je važno izabrati govornike iz urbanih sredina, jer se pretpostavlja da razlike u vokalskom spektru nisu toliko velike kao u ruralnim područjima. Posebna se pozornost posvetila i porijeklu roditelja, budući da govor obiteljske zajednice te šire govorno-jezične zajednice, uvelike utječe na pojedinčev govor.

Izabrani govornici hrvatskoga jezika rođeni su u sljedećim hrvatskim gradovima: Zagrebu (45), Varaždinu (5), Karlovcu (1), Sisku (2), Koprivnici (1), Čakovcu (1), Zadru (3), Šibeniku

---

<sup>56</sup> U forenzičkoj se fonetici rezultati provedene analize na osumnjičeničkom govoru stavljaju u odnos s referentnim vrijednostima. Primjerice, formantske vrijednosti prikupljene su u engleskome jeziku u govoru 19 odraslih muških osoba (Hughes et al., 2017). Referentne vrijednosti nekih drugih akustičkih parametara za engleski jezik provedene su na govoru 100 muških odraslih osoba (npr. DyViS baza).

<sup>57</sup> Za potrebe rada snimljeno je više govornika muškoga spola nego ženskoga, zato što je u forenzičko-fonetskim slučajevima znatno veći broj muškaraca koji se sumnjiče za određeno kazneno djelo (Hollien, 1990). Također, najveći je broj osumnjičenih iz dobne skupine odraslih osoba, srednje starosti.

(3), Splitu (4), Slavanskom Brodu (3), Vukovaru (1), Virovitici (4), Rijeci (2), Gospiću (1), Slunju (1) i Supetru (4). Najveći broj govornika srpskoga jezika rođen je u Beogradu (44), a znatno manji broj govornika u drugim gradovima: Priboj (2), Pančevo (2), Užice (4), Loznica (2), Šabac (2), Priština (3), Prokuplje (2), Smederevo (2), Čačak (2), Ivanjica (1), Vranje (1), Leskovac (1), Zvornik (1), Kragojevac (1), Prizren (1), Smederevska Palanka (1), Savski venac (1) i Banja Luka (1). Oni govornici koji nisu rođeni u Srbiji ((Prnjavor – BiH (1), Iraklion – Grčka (1), Pakrac – Hrvatska (1), Brčko – BiH (1), Mostar – BiH (1), Zagreb (1), Knin – Hrvatska (1)), netom nakon rođenja preselili su u Srbiju.

Prema četvrtom kriteriju, stupnju obrazovanja, birani su govornici sa stupnjem srednje stručne sprema (SSS) na više. Pretpostavljalo se da će se u skupini srednje i visoko obrazovanih govornika vjerojatnije pronaći više onih s općim izgovorom. Izabrani izvorni govornici hrvatskoga bili su uglavnom srednje stručne sprema (N=49), dok su preostali bili visoke stručne sprema (VSS=29; MR. SC.=1; DR. SC.=2), kao i izvorni govornici srpskoga jezika (SSS=70, VSS=10, MR. SC.=1). Govornici obaju jezika razlikovali su se i po zanimanju, pa su među govornicima prevladavali studenti, uz koje su u istraživanje uključeni i znanstveni novaci te asistenti, profesori, suradnici u nastavi, umjetnici, pjevači, informatičari, glumci, glazbenici, dizajneri, medicinski tehničari, diplomirani inženjeri elektrotehnike i telekomunikacija, laboratorijski inženjeri i strojari.

Po uzoru na kriterije recentnih forenzičkih istraživanja biran je posljednji, starosni kriterij, prema kojem su na obama govornim područjima snimljeni razmjerno mladi govornici iz skupine odraslih govornika, koji u forenzičkim slučajevima čine skupinu s najvećim brojem delikata. Prosječna starost ženskih govornika hrvatskoga jezika iznosi 26 godina, (min=19; maks=49; med=23; SD=7,4), dok je za muške govornike hrvatskoga jezika prosječna starost 24 godine, (min=18; maks= 33; med=23; SD=3,5). Prosječna dob ženskih govornika srpskoga jezika iznosi 23 godine, (min=20; maks=29; med=24; SD=1,65), kao i za muške govornike (min=19; maks= 35; med=21; SD=4).

Valjalo bi napomenuti da su za potrebe rada snimljena ukupno 184 govornika, međutim, nakon verifikacije<sup>58</sup> koju su proveli eksperti iz obaju jezika, iz istraživanja su izuzeta 22

---

<sup>58</sup> Stroži verifikacijski postupak provele su prof. dr. Gordana Varošaneć-Škarić i Iva Bašić na uzorku od 14 govornika hrvatskoga jezika muškoga i 14 govornika ženskoga spola, za potrebe rada *Acoustic characteristics of Croatian cardinal vowel formants (F1, F2 and F3)* (Varošaneć-Škarić & Bašić, 2015). S obzirom na to da su verifikacijski rezultati bili poprilično ujednačeni, odlučeno je da će ostale govornike hrvatskoga jezika verificirati samo autorica ove disertacije, koja pet godina izvodi nastavu na kolegijima *Ortoepija hrvatskoga jezika I + govorne vježbe* te *Metodika fonetske njege glasa i izgovora – individualni pristup*. U nastavi

govornika. Prema mišljenjima verifikatora ti govornici nisu zadovoljili jedan ili više postavljenih kriterija.

Govornici hrvatskoga jezika snimljeni su u Zagrebu u razdoblju od 20. travnja 2015. g. do 13. veljače 2017. g. na Filozofskom fakultetu u Zagrebu. Govornici srpskoga jezika snimljeni su u dva posjeta Beogradu u sklopu kratkoročnih sveučilišnih financijskih potpora, voditeljice prof. dr. sc. Gordane Varošaneć-Škarić: od 18. do 23. svibnja 2014. g. (*Forenzička fonetika<sub>2</sub>: standardiziranje zvučnih postupaka*) i od 16. do 18. studenoga 2015. g. (*Forenzička fonetika<sub>3</sub>: Mjere fundamentalne frekvencije ( $f_0$ ) muških govornika*)<sup>59</sup>. Prilikom prvoga posjeta Beogradu, snimljeni su pretežno ženski glasovi ( $N_{srpZ}=38$ ;  $N_{srpM}=3$ ) pa je stoga u drugome posjetu bilo potrebno snimiti recipročan omjer muških i ženskih glasova ( $N_{srpZ}=3$ ;  $N_{srpM}=38$ ). Prvo je snimanje provedeno na *Filološkom fakultetu u Beogradu*, a drugo na *Računarskom fakultetu* u suradnji s *Institutom za eksperimentalnu fonetiku i patologiju govora Đorđe Kostić*, u sličnim uvjetima. Prije početka snimanja svim je govornicima dan *sociodemografski upitnik* (vidi *Prilog 5*), na temelju kojega su dobivene osnovne informacije o govorniku (dob, spol, mjesto rođenja i najduljeg boravka, porijeklo oca i majke te zanimanje) kao i njihova suglasnost za snimanjem te korištenjem podataka u znanstvene svrhe.

## 5.2. Korpus istraživanja (govorni materijal)

S obzirom na to da je glavni problem osiguravanja kvalitetne snimke, eliminiranje pozadinske buke (Ladefoged, 2003), svi su govornici snimani u vrlo sličnim uvjetima<sup>60</sup>: prostorijama sa sniženom razine buke ili u studijskim uvjetima. U studiju je korišten visoko kvalitetan AKG mikrofoni (model C 414 B/ULS: Large Diaphragm Condenser Microphone), frekvencijskog raspona od 20 do 20 000 Hz. U prostorijama snižene razine buke korišteni su visokokvalitetni snimači Marantz (model PMD 660) i ZOOM (model H4n) te Røde (model NT5 \_ Compact Cardioid Condenser Microphone) i AKG mikrofoni (model AKGC 391). Prilikom izbora prostorije za snimanje vodilo se računa da se uklone mogući izvori buke (klima uređaji, sva računalna oprema, mobilni aparati, telefoni, prolaznici, cestovna buka, stiskanje kemijske olovke, šuškanje papirima itd.). Bolja kvaliteta akustičke opreme preporučuje se za sva

---

spomenutih kolegija obrađuje se izgovor vokala te mogući lokalni i idiosinkratični odmaci od općeprihvaćenoga hrvatskoga govora.

<sup>59</sup> Za pomoć pri snimanju govornika veliku zahvalnost dugujem kolegicama Gabrijeli Kišiček i Zdravki Biočini.

<sup>60</sup> U nekim je istraživanjima korpus prikupljen u različitim uvjetima te su govornici snimani različitom opremom i u različitim studijskim uvjetima. Upravo je zbog te metodološke heterogenosti bilo otežano odrediti jesu li rezultati odraz lingvističke univerzalnosti ili su pak uzrokovane različitim metodološkim postavkama (Byrne et al., 1994). O poteškoćama u interpretaciji rezultata dobivenih na snimkama iz različitih uvjeta također pišu Vermeulen i Cambier-Langeveld (2017).

akustička istraživanja, posebice u području forenzičke fonetike, zbog toga što će snimka u većoj mjeri odgovarati originalnom govoru (Hayward, 2000).

Dobro je poznato da intenzitetske varijacije utječu na artikulacijsku i glotalnu konfiguraciju (Huber et al., 1999). Kod glasnoga govora dolazi do kompenzacijskih pokreta (prvenstveno se pokretima jezika kompenziraju veliki pokreti čeljusti, čime se postiže prikladna visina u izgovoru pojedinog vokala) (Schulman, 1989), koji mogu utjecati na vrijednosti formanta<sup>61</sup> (Huber et al., 1999), a ponekad i na fundamentalnu frekvenciju (Jessen, Köster, & Gfroerer, 2003). Iz tog razloga, nekim se govornicima savjetovalo da budu tiši te da nastoje tijekom snimanja biti umjereno glasni. Neki su govornici bili tiši ili glasniji od razine umjereno glasnoga govora i nakon uputa, pa se na snimaču prilagođavao dinamički/intenzitetski raspon prema karakteristikama svakoga govornika. Ukoliko je govornik imao široke intenzitetske raspone (češće za vrijeme spontanoga govora) tijekom govora, utoliko je snimač prilagođavan više puta tijekom snimanja.

Prije početka snimanja, govornicima je savjetovano da budu udaljeni od mikrofona 10-ak cm, pod kutom od 45°, a na promjenu položaja i udaljenosti od mikrofona tijekom govora skretala im se pozornost. Vermeulen (2009) u svome radu naglašava da različita udaljenost od mikrofona utječe na akustičke mjere pri analizi vokala te da je tijekom snimanja potrebno voditi računa o tome da govornik ne mijenja često položaj glave i udaljenost u odnosu na mikrofona. Govornici su također upoznati s govornim materijalom te im je skrenuta pozornost na to da materijal čitaju neutralno, bez uzlazne rečenične intonacije. Ako su tijekom snimanja počeli uzlazno čitati materijal, upozoreni su te su taj dio materijala iznova čitali. Budući da neki govornici nisu čuli uzlaznost u svome govoru pomagalo im se pokretom – silaznim spuštanjem dlana, koji je imitirao silaznu rečeničnu intonaciju. Kod svih se govornika ova metoda pokazala najuspješnijom.

Govornicima je također napomenuto da materijal čitaju svojom prirodnom govornom brzinom jer su istraživanja pokazala da vremenski pritisak može dovesti do snažnih koartikulacijskih utjecaja (Farnetani, 2013). Naime, povećanjem govorne brzine ne dolazi do redukcije pokreta, nego do kraćenja vokala i slabije promjene formantskih frekvencija kod različitih vokala (engl. *reduced formant frequency displacement*). Koartikulacijski utjecaji u najvećoj se mjeri odražavaju na tranzijentskom području, dok na formantske frekvencije u stabilnome

---

<sup>61</sup> Povećani intenzitet dovodi do povišenja vrijednosti F1, što je potvrđeno kod muškaraca, žena i djece (Huber et al., 1999).



središnjem dijelu vokala, promjene u tempu uglavnom ne utječu (Gay, 1977). Brojne novije studije pokazale su da trajanje vokala značajno utječe na kvalitetu vokala, odnosno na njegove formante i to u smjeru centralizacije kod kraćih vokala (jer vokal nije trajao dovoljno dugo da se dostigne tzv. *vowel target*). U istraživanju u kojem se ispitivala razlika između vrijednosti formantata kod izolirano izgovorenih vokala i vrijednosti formantata izmjerenih u središnjemu dijelu vokala iz vezanoga govora (Paillereau, 2016), rezultati su pokazali da su koartikulacijski utjecaji susjednih fonetskih okruženja (koja prethode vokalu i koja nakon njega slijede) toliko jaka da isti vokal u spomenutim realizacijama ima dvije fonetske varijante, čiji se formanti uvelike razlikuju.

U manjem pilot istraživanju, koje je prethodilo ovome radu, snimljeno je po pet ženskih i muških govornika koji su čitali listu od ukupno 125 riječi. Cilj je ovoga snimanja bilo provjeravanje uvjeta snimanja te kriterija za sastavljanje govornoga materijala. Svaki je vokal bio predstavljen kroz 25 riječi kojima su obuhvaćeni utjecaji svih hrvatskih konsonanata na vrijednosti formantata medijalnoga dijela naglašenoga vokala. Rezultati provedenog pilot istraživanja pokazali su da govornici vrlo teško ostvaruju neutralnu intonaciju kad čitaju listu riječi, odnosno da vrlo često podliježu uzlaznoj intonaciji. Također, utvrđeno je da nema većih razlika u frekvencijama formantata između dvaju fonemskih okruženja vokala, od kojih je jedan parnjak zvučan, a drugi bezvučan. S druge pak strane, veće razlike zamijećene su kod vokala čija su fonemska okruženja činili glasnici koji se razlikuju prema načinu i/ili mjestu tvorbe (npr. frikativ i afrikata). Na temelju dobivenih rezultata, govorni je materijal prorijeđen, a riječi su stavljene u rečenični kontekst. Ista metodologija potvrđena je i u istraživanju Varošaneć-Škarić i Bašić (2015).

Snimanje kojim se prikupljao korpus za ovaj rad, sastojao se od tri dijela i bio je identičan kod svih govornika<sup>62</sup>. Prvi se dio odnosio na nefrikativni *Tekst za glas 1*, na temelju kojega se uobičajeno analizira govornikov timbar. U drugome dijelu snimanja govornici su snimljeni prema tematskom protokolu, a teme su bile općega karaktera i svim su govornicima bile ugodne za konverzaciju. Govornici su se pomoću zadanih smjernica trebali predstaviti, opisati što rade u slobodno vrijeme te imaju li hobija. Uz to trebali su opisati neku od igara iz djetinjstva i naposljetku reći koje su prednosti i mane grada u kojemu žive. One govornike koji nisu bili izrazito komunikativni, poticalo se različitim potpitanjima, kako bi se prikupilo

---

<sup>62</sup> Vermeulen i Cambier-Langeveld (2017) napominju da je isto govorno ponašanje optimalno za usporedbu govornika. Autori pritom misle na govorne uvjete kao što su čitanje, spontani govor, vještačko ispitivanje ili govor u stresnoj situaciji. U literaturi se još pojavljuje i termin *govorni stil*.

najmanje 10-ak minuta spontanoga govora<sup>63</sup> kod svakoga govornika. Iako je spontani govor i kontekst intervjua temelj sociolingvističkih i brojnih sociofonetskih istraživanja, Gordon i Heath (1998) napominju da govornici tada nastoje što bolje prikriti idiosinkratične osobine u vlastitom govoru. Materijal prikupljen u prva dva dijela snimanja koristit će se za zvučnu bazu hrvatskoga jezika.

U posljednjem dijelu snimanja, govornici su čitali popis od 50 kraćih rečenica (vidi *Priloge 7* i *8*). Na taj način smanjila se razina stresa i njegovog utjecaja na formantne frekvencije i  $F_0$ , na što upozoravaju brojni autori i ugledni znanstvenici iz područja akustičke i forenzičke fonetike (Hicks, 1981; Baldwin & French, 1990; Hollien, 1990; Müller, 1998; Hayward, 2000; Hollien, 2002; Ladefoged, 2003; Dropuljić, Skansi, & Mršić, 2016). Kod govornika koji se nalaze pod stresom, blago su povišeni intenzitet i vrijednosti fundamentalne frekvencije<sup>64</sup> (Gfroerer & Wagner, 1995), a vrijednosti su više na samome početku snimanja. Fundamentalna frekvencija pokazala se kao izrazito dobar pokazatelj različitih emocionalnih stanja te *signalizator* prelaženja iz jednoga emotivnog stanja u drugo (Dropuljić et al., 2016). Stres se može očitovati i drugim glasovnim i/ili govornim pojavama poput nepravilnih o(be)zvučavanja, nepravilnoga rada glasnica ili čak čujnog vokalnog tremora. S obzirom na to da je stres u ovoj situaciji kod govornika uzrokovan eksperimentalnim uvjetima, njegova se razina nastojala smanjiti tijekom snimanja.

Svaki je vokal hrvatskoga jezika ([i], [e], [a], [o] i [u]) predstavljen kroz 10 dvosložnih riječi<sup>65</sup> (vidi *Prilog 6*) uklopljenih u kraće rečenice, čime se osigurao širi govorni materijal<sup>66</sup>. Na taj su način obuhvaćeni mogući utjecaji različitih fonetskih okruženja (blizina okluziva, frikativa, afrikata, nazala, aproksimanta i vibranta) te su zastupljena sva četiri naglasaka hrvatskoga jezika (kratkosilazni, kratkouzlazni, dugosilazni i dugouzlazni). Prema Ladefogedu (2003), fonetičaru i lingvistu koji se smatra pionikom prikupljanja i analize fonetskih podataka, govornim se materijalom trebaju pokriti i suprasegmentalni aspekti istraživanoga jezika. Prilikom sastavljanja govornoga materijala posebna se pozornost posvetila tome da ciljane riječi budu sastavni dio hrvatskoga i srpskoga leksika. Ciljana se riječ uvijek smještala u finalnome položaju u rečenici, čime se pospješila neutralna rečenična intonacija. Ladefoged

<sup>63</sup> U forenzičkoj se fonetici češće koristi engleski naziv *paired conversation*.

<sup>64</sup> Neke studije iz forenzičke fonetike pokazale su da individualne razlike u  $F_0$  mogu biti i do 60 Hz, ovisno o tome je li riječ o snimci iz laboratorija ili telefonskom (prijetecem) pozivu.

<sup>65</sup> Istraživanja su pokazala da veći broj različitih fonemskih okruženja osigurava snažniju fonemsku prezentaciju (Brown & Watt, 2017).

<sup>66</sup> Van Heuven i Cortés (2017) napominju da je materijal koji se sastoji od 10 tokena za ciljani vokal dostatan za određivanje formantnih frekvencija te da je zbog mogućih utjecaja tijekom spontanoga govora preporučljivo izabrati govor pod nadzorom (čitanje određenoga teksta) kao govorni korpus (Van Heuven & Cortés, 2017).

(2003) savjetuje upotrebu rečeničnog konteksta u materijalima, jer se na taj način izbjegava specifičan intonacijski obrazac, karakterističan za popise (riječi). Formantske frekvencije mjerene su u stabilnome dijelu naglašenoga vokala inicijalnoga sloga. Za potrebe snimanja u Beogradu govorni je materijal preveden na srpski jezik i transliteriran na ćirilicu (vidi *Prilog 8*). Naposljetku, valjalo bi istaknuti da se formantske vrijednosti nisu mjerile na izolirano izgovorenim vokalima, jer su istraživanja pokazala da je takav izgovor vokala hiperartikuliran, odnosno da je artikulacija pretjerana i prenaplašena (Farnetani & Recasens, 2013). Spomenuti autori savjetuju da se formantske analize provode uvijek na spontanome govoru, odnosno vokalu koji je sastavni dio riječi i rečenice.

### **5.3. Statistička obrada rezultata**

Za statističku obradu prikupljenih podataka te izradu grafova korišteni su programi MATLAB (MathWorks Inc., 2015) i JASP (JASP Team, 2018). Deskriptivna statistika sastojala se od utvrđivanja minimalnih, maksimalnih, prosječnih i medijan vrijednosti formantata te  $F_0$ . Za potrebe rada također su izračunati frekvencijski rasponi  $F_0$ , koji su se utvrđivali određivanjem prosječnih minimalnih i maksimalnih vrijednosti fundamentalne frekvencije kod svakoga govornika zasebno, a potom su se dobiveni rezultati obradili zasebno po spolu i jeziku.

Daljnje su analize provedene korištenjem frekvencijskih vrijednosti formantata ( $F1$ - $F3$ ) te fundamentalne frekvencije, a za potrebe ispitivanja značajnosti razlike izračunavalo se i prosječno apsolutno odstupanje u navedenim akustičkim parametrima kao zavisnim varijablama. Prosječno apsolutno odstupanje odabrano je kao stabilnija mjera raspršenja rezultata (u odnosu na standardnu devijaciju ili analizu varijance) s obzirom na veći broj mjerenja. Na taj način izmjerena raspršenja rezultata uspoređena su pri izgovoru različitih vokala, između govornika različitih spolova te jezika. Za usporedbu rezultata između skupina govornika (različitoga spola i/ili jezika) korišteni su različiti parametrijski testovi: analiza varijance za ponovljena mjerenja, mješovita analiza varijance, analiza varijance za nezavisna mjerenja, t-test za zavisna i t-test za nezavisna mjerenja. Koeficijenti korelacije izračunati su pomoću Pearsonove formule za procjenu povezanosti između frekvencijskih vrijednosti formantata i  $F_0$  te između samih formantata.

## 5.4. Akustička analiza

### 5.4.1. Mjerenje formantskih frekvencija

Posebna važnost formantima pridaje se u području forenzičke fonetike. Ugledni znanstvenici i stručnjaci iz tog područja (Baldwin & French, 1990; Hollien, 1990; Müller, 1998) navode da je formantska analiza jedna od temeljnih analiza svakog forenzičkog slučaja koju u stvarnim forenzičkim slučajevima uvijek valja koristiti u kombinaciji s drugim akustičkim i auditivnim metodama (Baldwin & French, 1990).

Formantske frekvencije u ovome radu mjerene su pomoću Praat programa (Boersma & Weenik, 2015), verzija 6.0.31, korištenjem metode *formant tracking* i opcije *formant listing* (koje se temelje na principu *red dot system*). U forenzičkoj fonetici za evaluaciju snimljenoga materijala koristi se više metoda: automatsko prepoznavanje, poluautomatsko prepoznavanje i/ili opće fonetske metode (Nolan, 1999; Hughes, Harrison, Foulkes, French, Cavanagh, & San Segundo, 2017). Međutim, pogreške su i dalje vrlo česte te se radi na njihovu ublažavanju i prorjeđivanju. Čak i u usporedbi s drugim novijim metodama mjerenja formanata, Praatova *formant tracking* metoda<sup>67</sup> daje nam najtočniju procjenu formantskih frekvencija (Kendall & Vaughn, 2015). Istraživanjem u kojem su uspoređivane različite metode mjerenja formanata, pokazalo se da su statične vrijednosti formanata znatno ekonomičnije i istovremeno podjednako precizne, u usporedbi s dinamičkim vrijednostima<sup>68</sup> (McDougal, 2014).

Za potrebe rada izračunate su vrijednosti prvih triju formanata (F1, F2 i F3) kod svih 164 govornika. Vrijednosti (F1-F3) mjerene su u središnjem dijelu naglašenoga vokala u inicijalnome slogu ciljane riječi ( $N_{\text{govornika}}=164$ ;  $N_{\text{riječi}}=50$ ; ukupno=8 200 riječi). Prilikom mjerenja, nastojao se pronaći najstabilniji dio vokala (engl. *vowel target*<sup>69</sup> i *steady-state*) u kojemu su formanti vokala gotovo paralelno položeni, tj. u spektralnom području vidljivih stabilnih formantskih kontura<sup>70</sup>. U akustičkim analizama vokalske kvalitete te u forenzičkim fonetskim radovima, mjerenja se uglavnom provode u stabilnom dijelu vokala (Lee et al., 1999; Hayward, 2000; Becker, Jessen, & Grigoras, 2009; Alotaibi & Hussain, 2010).

<sup>67</sup> Formantska analiza koja se temelji na metodi *formant tracking* i *formant listing*, u forenzičkoj se fonetici gotovo uvijek naknadno statistički ispituje primjerenim statističkim mjerama (Zhong, 2016).

<sup>68</sup> Formantska se dinamika analizira utvrđivanjem akustičke varijabilnosti F1 – F3 u deset točaka ciljanoga vokala. Trajanje vokala mjeri se i interpretira kao zasebna akustička dimenzija.

<sup>69</sup> Pojam *vowel target* opisuje se kao središnji dio monoftonskog vokala koji je okarakteriziran „najmanjim stupnjem spektralnih promjena i koji se odnosi na dio vokala koji je u najmanjoj mjeri pod utjecajem konteksta“ (Harrington, 2013: 85; Gold, Ross, & Earnhaw, 2017; González, 2006).

<sup>70</sup> Brojni su radovi u kojima su formantske vrijednosti mjerene u stabilnome dijelu vokala (Pletikos, 2003; Kendall & Vaughn, 2015; González, 2006; Hayward, 2000; Nolan, 1983; Alotaibi & Hussain, 2010; Gold et al., 2017 itd.).

Hayward (2000) također napominje da je stabilan dio vokala ono što govornik želi postići i ono što slušatelj nastoji identificirati u vokalu, dok su područja tranzijenata važnija za identifikaciju konsonanata. Vrijednosti su mjerene u jednoj točki, jer su prijašnja istraživanja pokazala da nema statistički značajnih razlika u više mjerenih točaka istoga vokala, izuzmu li se tranzijentska područja (Tivadar, 2008; Alotaibi & Hussain, 2010; McDougal, 2014). Prilikom mjerenja, izbjegavala su se područja tranzijenata<sup>71</sup>, kako bi se u što većoj mjeri umanjio koartikulacijski utjecaj prethodnih glasnika, kao i utjecaj postvokalskih glasnika. U tranzijentnim područjima frekvencije su formanata često bile i po 300 Hz više ili niže od onih u stabilnom središnjem dijelu vokala. Najjači koartikulacijski utjecaj primijećen je u tranzijentskom području vokala kojemu je prethodio glasnik [j].

Na mjerenje frekvencija formanata ponekad je utjecala i njihova amplituda, pa su se tako kod formanata čije su amplitude bile vrlo jake, formanti preklapali, odnosno spajali u jedan (engl. *spectral integration*) te ih je Praat očitavao kao jedan formant čija je amplituda vrlo velika, o čemu piše više autora (Huber et al., 1999; Hayward, 2000; Ladefoged, 2003; Prica i Ilić, 2010<sup>72</sup>). Do spajanja formanata najčešće je dolazilo kod ženskih glasova prilikom izgovora vokala [i], kad su se spajale vrijednosti F2 i F3. Drugi razlog spajanja formanata leži u frekvencijskoj blizini dvaju formanata. Tako su se primjerice kod vokala [u], kod obaju spolova, često spajale vrijednosti prvih dvaju formanata, zbog njihove frekvencijske blizine. Također, ponekad je do spektralne integracije došlo kod prvoga harmonika (F<sub>0</sub>) i prvoga formanta (F1), što je češće kod visokih vokala koji imaju najniže vrijednosti F1. Posljednji razlog pogrešnog iščitavanja vrijednosti formanata sastoji se u nedovoljno jakoj amplitudi pojedinog formanta. Tako je kod nekih govornika intenzitet drugoga formanta bio preslab, pa ga program nije niti učitao. U tom slučaju, drugom formantu dodijeljena je vrijednost trećega formanta.

Procijenjene vrijednosti formanata pohranjivane su u jedan korpus, koji se naknadno razdijelio u zasebne excell dokumente, prema spolu i analiziranome jeziku. Ovisno o potrebama istraživačkoga pitanja i statističkih zahtjeva za obradom podataka, željeni su se

---

<sup>71</sup> U forenzičkoj su fonetici tranzijenti ponekad vrlo korisni za rekonstrukciju signala koji nedostaje ili koji je maskiran šumom koji se ne može eliminirati. Tako se primjerice iz tranzijenata vokala u slijedu CVC može odrediti koji konsonant prethodi vokalu ili koji slijedi. Osim toga, dobar su pokazatelj govornikovih idiosinkratičkih obilježja, koja se očituju u različitim koartikulacijskim utjecajima. Brojna istraživanja usmjerena su na analizu tranzijentskih područja vokala sa svrhom opisa percepcije vokala (Ohde & German, 2011; Hillenbrand, 2013 itd.).

<sup>72</sup> Spajanje formanata uvelike otežava prepoznavanje govornika jer se puno vokala zamijeni nekim drugim vokalom. Na taj način povećava se broj pogrešno prepoznavanih vokala (Prica & Ilić, 2010). Rezultati prepoznavanja znatno su uspješniji ako se uz prva dva formanta, uključi i treći formant.

podaci izvlačili iz čitavoga korpusa<sup>73</sup>. Sva akustička mjerenja formanta, naknadno su akustički i perceptivno provjerena. Kod pojedinih su govornika najčešće vizualnom (korištenjem Praatove *spectral slice* opcije), ali ponekad i slušnom inspekcijom utvrđene pogreške u mjerenju, pa su vrijednosti formanta iznova mjerene. Kod nekih su govornika formantske konture u cijelome materijalu bile vrlo jasno vidljive i lako mjerljive, dok je kod manjega broja govornika, uglavnom ženskih (u oba analizirana jezika), u većini ciljanih vokala dolazilo do pogrešne procjene formanta uslijed spektralne integracije. Primijećeno je da je najveći broj pogrešaka u mjerenju bio kod vokala [u].

#### 5.4.2. Mjerenje fundamentalne frekvencije

U forenzičkoj se fonetici fundamentalna frekvencija može mjeriti različitim instrumentalnim metodama (Baldwin & French, 1990). Najčešći je način snimanje govornika i analiza snimljenoga materijala u računalnom programu namijenjenom za akustičku obradu zvuka. U ovome je radu korišten Praat program (Boersma & Weenik, 2015), verzija 6.0.31. Kretanje  $F_0$  može biti prikazano grafički (spektrogramski) ili numerički. U stvarnim se forenzičkim slučajevima valjanim parametrom smatra prosječna  $F_0$  koja je dobivena na snimci govora u trajanju od otprilike dvije minute. Metoda mjerenja  $F_0$  i materijal koji govornik čita, u znanstvenim radovima uvelike varira, a najviše ovisi o istraživačkom cilju. Tako se primjerice može mjeriti varijacija  $F_0$  unutar govornika, među govornicima istih i/ili različitih jezika, može se ispitati utjecaj emocija na vrijednosti  $F_0$ , utjecaj starosti ili određenih životnih navika (pušenje, alkohol, zloraba glasa) na vrijednosti  $F_0$  itd.

U ovome su radu mjerene pojedinačne i prosječne vrijednosti  $F_0$  kod svih snimljenih i verificiranih govornika ( $N=164$ ). Valja napomenuti da su vrijednosti fundamentalne frekvencije u oba jezika i spola mjerene na istome govornom stilu (čitanje), istome tekstu te da su se svi govornici nastojali dovesti u neutralno emotivno stanje, kako bi se smanjio već potvrđen utjecaj navedenih čimbenika<sup>74</sup> na vrijednosti  $F_0$  (Traunmüller & Eriksson, 1994). Fundamentalna je frekvencija mjerena u stabilnom dijelu naglašenoga vokala ciljane riječi, koja se nalazila u finalnom položaju neutralno pročitane izjavne rečenice. Uz pojedinačne i prosječne vrijednosti  $F_0$ , mjerene su minimalne, maksimalne i median vrijednosti te standardna devijacija.

---

<sup>73</sup> Ova metoda unosa podataka u inozemnoj se literaturi naziva *pooling results* i podrazumijeva okupljanje informacija o govornicima (ponekad čak i neovisno o razlikama na uvjete prikupljanja materijala i vrste rezultata), na temelju kojih se kasnije izvode potrebni izračuni (Eide & Gish, 1996).

<sup>74</sup> Autori uz spomenute čimbenike još navode i jezik kojim se govornici služe (Traunmüller & Eriksson, 1994).

Iako je izračunavanje  $F_0$  jednostavnije na vokalima (Hayward, 2000), upravo je zbog naglaska, koji u hrvatskome može biti dug ili kratak te uzlazan ili silazan, ton znao padati i podizati se. Utjecaj naglaska nastojao se *izbjeci* određivanjem najstabilnije točke u naglašenome vokalu. S obzirom na to da se ciljana riječ nalazila u finalnom položaju u rečenici, kod nekih je govornika znalo doći do glotalnoga prženja<sup>75</sup> (engl. *glottal fry*). U tim je govornim isječcima ton znatno niži (blizu ili ispod 75 Hz) i vrlo je pravilan. Klatt i Klatt (1990), na temelju istraživanja provedenoga na deset muških i šest ženskih glasova, navode da veliki broj analiziranih rečenica završava „šumno-laringaliziranim“ tipom vibracije glasnica<sup>76</sup>. Prema rezultatima provedene studije, muški su govornici češće pribjegavali tom tipu fonacije, što autori tumače kao mogući društveni marker muževnosti. Vrijednosti glotalnoga prženja zabilježene su kod onih govornika kod kojih su se pojavile, ali nisu uvrštene u prosječne vrijednosti fundamentalne frekvencije. Kod jedne su govornice srpskoga jezika izuzete gotovo sve vrijednosti  $F_0$  za sve primjere vokala [a], jer je posljednja riječ u rečenici uglavnom ostvarena glotalnim prženjem. Tako niske vrijednosti  $F_0$  nisu se uzimale u konačan izračun kako bi se izbjegle nerealno niže vrijednosti fundamentalne frekvencije kod ženskih govornika srpskoga jezika. Iako su rečenice snimane na kraju eksperimenta, kad je stres uzrokovan snimanjem trebao popustiti (Hayward, 2000), kod nekih govornika tremor ili podrhtavanje glasa nisu nestali, nego su se samo ublažili. U tim su se govornim isječcima  $F_0$  vrijednosti zanemarile i bilježene su samo u riječima u kojima je ton bio stabilan, na što upozorava i Hayward (2000). S obzirom na to da intonacija također može uvelike utjecati na vrijednosti  $F_0$ , kod govornika se nastojala pospješiti neutralna rečenična intonacija s manjim varijacijama tona.

---

<sup>75</sup> U hrvatskoj se literaturi još može naći i naziv *vokalno prženje*. Glotalno je prženje impresionistički naziv koji dolazi od „zvučnoga dojma takvog glasa i podsjeća na šum cvrčanja prženja“ (Varošaneć-Škarić, 2005: 125). Približavanjem aritenoidnih hrskavica glasnice se istovremeno sljubljuju jedna uz drugu i postaju labave, što dovodi do specifičnoga rada glasnica u kojemu vibrira otvoreniji dio glotisa koji se nalazi blizu prednjeg ligamentnoga dijela (blizu završetka tiroide) (Varošaneć-Škarić, 2005). Glotalno se prženje može oponašati maksimalnim spuštanjem tona (i larinksa) prilikom produljenoga izgovaranja glasnika [a] ili [ə]. Do spomenutoga efekta češće dolazi na kraju rečenice, odnosno, na kraju izdisaja, zbog male količine preostalog zraka. Osobama koje kontinuirano za vrijeme cijeloga trajanja govora glasnice vibriraju na prethodno opisan način, pripisujemo škriputavu (škripavu) fonacijsku vrstu.

<sup>76</sup> Autori objašnjavaju da je fiziološka podloga toga tipa vibriranja glasnica, slobodniji položaj aritenoida i prateće muskulature (Klatt & Klatt, 1900).

## **6. REZULTATI I RASPRAVA**

### **6.1. Rezultati formantske analize**

Okosnicu ovoga doktorskoga rada čini formantska analiza hrvatskoga općega i srpskoga govora te će se stoga dobiveni rezultati iznijeti i tumačiti prvo u okviru ispitanih hipoteza vezanih uz te akustičke parametre. Prije svega, komentirat će se deskriptivne vrijednosti formantskih frekvencija kod muških i ženskih govornika hrvatskoga jezika te će se nastojati razmotriti u kontekstu dosadašnjih istraživanja na tu temu. Osim toga, opisat će se utjecaj različitoga fonetskoga okruženja na vrijednosti formantata stabilnoga medijalnoga dijela svih hrvatskih vokala, zasebno u skupini muškaraca i žena te njihov stupanj raspršenja. S obzirom na to da se u brojnim fonetskim radovima naglašavala važnost tumačenja odnosa među formantima te da se u nekim radovima predlagala mjera formantske disperzije ( $D_f$ ), u ovome se radu ispitao i odnos prosječnih vrijednosti formantata s mjerom formantske disperzije.

Budući da su višestruke sociofonetske studije ukazale na veću akustičku raspršenost formantskih frekvencija u žena u odnosu na muškarce, ista će se hipoteza testirati u hrvatskome i u srpskome jeziku. Nakon toga, u radu će se izložiti rezultati formantske analize u srpskome jeziku, po uzoru na onu u hrvatskome.

Nakon razlaganja različitih mjera formantske analize, protumačit će se deskriptivne mjere fundamentalne frekvencije dobivene za govornike hrvatskoga i srpskoga jezika, zasebno po spolu. S obzirom na to da je u fonetskim studijama uobičajeno tumačiti rezultate fundamentalne frekvencije u obliku frekvencijskoga raspona, i u ovome će se radu primijeniti ista mjera. Međutim, značajnost varijabilnosti fundamentalne frekvencije ispitat će se složenom analizom varijance, zasebno u svakome vokalu te između govornika različitih spolova i jezika. Naposljetku, ispitat će se korelacija formantata i frekvencije osnovnoga tona u oba analizirana jezika, kao i korelacija među formantima.

#### **6.1.1. Deskriptivne vrijednosti formantskih frekvencija kod muških govornika hrvatskoga jezika**

Jedan od temeljnih ciljeva ovoga rada odnosi se na utvrđivanje referentnih vrijednosti formantskih frekvencija za vokale hrvatskoga jezika, zasebno za muškarce i žene. Nakon preciznih mjerenja i višestrukih provjera ukupno je dobiveno 150 frekvencijskih vrijednosti (10 okruženja za svih pet vokala) po svakome govorniku ( $N_m=46$ ;  $N_z=35$ ) za prvi, drugi i treći formant. Na temelju toga, dolazimo do ukupnoga broja od 6 900 izmjerenih vrijednosti za



muške govornike te 5 250 vrijednosti za ženske govornike hrvatskoga jezika (ukupno: 12 150).

Prosječne referentne vrijednosti (M)<sup>77</sup> za govornike obiju spolnih skupina dobivene su uprosječivanjem pojedinačnih vrijednosti zasebno za svaki vokal, svaki formant (F1-F3) te svaku spolnu skupinu. Osim prosječnih vrijednosti formantskih frekvencija, izračunate su i sljedeće deskriptivne statističke mjere: minimalna (min) i maksimalna vrijednost (maks), standardna devijacija (SD) te medijan (C)<sup>78</sup>.

Tablica 1. Prosječne, medijan, minimalne, maksimalne i SD vrijednosti prvih triju formanata kod muških govornika hrvatskoga jezika pri izgovoru vokala [a], [e], [i], [o] i [u] izražene u hercima (Hz).

	Hz	F1	F2	F3
<b>[a]</b>	M	671	1 216	2 438
	C	673	1 213	2 429
	Min	549	1 068	2 171
	Maks	792	1 374	2 662
	SD	14,7	16,4	24,9
<b>[e]</b>	M	489	1 819	2 449
	C	493	1 820	2 433
	Min	377	1 718	2 306
	Maks	577	1 966	2 679
	SD	9,7	17,4	24,6
<b>[i]</b>	M	307	2 137	2 751
	C	307	2 125	2 757
	Min	239	2 010	2 537
	Maks	369	2 309	2 931
	SD	6,9	20,6	27,8
<b>[o]</b>	M	489	977	2 402
	C	498	669	2 427
	Min	334	718	2 023
	Maks	592	1 194	2 683
	SD	12,8	22,2	31,3
<b>[u]</b>	M	356	803	2 428
	C	353	792	2 420
	Min	258	652	2 068
	Maks	486	948	2 741
	SD	13	18,7	42,9

<sup>77</sup> Za aritmetičku sredinu rezultata u radu će se koristiti kratica M koja dolazi od engl. *mean*. Valja spomenuti da se osim te kratice uobičajeno koristi i simbol  $\bar{x}$ .

<sup>78</sup> U radu će se za mjeru medijana, kojse u statistici još naziva centralna vrijednost, koristiti kratica C (Petz, 2007).

Iz *Tablice 1* vidljivo je da su vrijednosti prvoga formanta najniže pri izgovoru vokala [i], a najviše kod vokala [a]. Najniže vrijednosti drugoga formanta izmjerene su kod vokala [u], a najviše pri izgovoru vokala [i]. Kod trećega su formanta također zabilježene najviše vrijednosti pri izgovoru vokala [i], dok su najniže izmjerene kod vokala [o]. Navedena kretanja frekvencija prvih triju formanta u vokalskome sustavu hrvatskoga jezika potvrđena su u većini prethodnih istraživanja s istim istraživačkim pitanjem (Škarić, 1991; Varošanec-Škarić, 2005; Varošanec-Škarić, 2010; Kišiček, 2012; Varošanec-Škarić & Bašić, 2015). Usporedimo li prosječne vrijednosti formanta (M vrijednosti) s vrijednostima medijana (C vrijednosti) možemo vidjeti da su ponekad M i C vrijednosti podudarne (npr. F1 kod vokala [i]), a ponekad njihova razlika iznosi čak 25 Hz (npr. F3 kod vokala [o]). Nešto manja odstupanja (preko 10 Hz) utvrđena su kod drugoga formanta u vokalima [i], [o] i [u] te kod trećeg formanta kod [e] i [o]. U tim su primjerima ekstremnije vrijednosti u sirovim rezultatima (znatno niže i/ili više od većine rezultata) *pomaknule* stvarni prosjek rezultata nižim, odnosno višim vrijednostima.

Kretanja prvoga formanta uglavnom se povezuju s obilježjima otvorenosti i zatvorenosti (otvoreniji vokali imaju više vrijednosti F1), dok se kretanja drugoga formanta povezuju s obilježjima prednjosti i stražnjosti (predniji vokali imaju više vrijednosti F2). S obzirom na to, rezultate formantske analize kod muških govornika hrvatskoga jezika možemo protumačiti na sljedeći način: vokal [a] najotvoreniji je vokal u hrvatskome jeziku, nakon kojega slijede vokali [e] i [o] s istim prosječnim vrijednostima kao poluzatvoreni, zatim vokal [u] i naposljetku vokal [i], koji je s najnižim vrijednostima F1 ujedno i najzatvoreniji vokal. Na isti način kategorizirani su i vokali kod Težaka i Babića (2000), Škarića (2010) i Varošanec-Škarić (2010).

Prema obilježju prednjosti i stražnjosti, odnosno vrijednostima drugoga formanta, razvidno je da je vokal [i] najpredniji, a potom slijede vokali [e], [a], [o] i naposljetku vokal [u] kao najstražnjiji. Carović (2014) pak u svojoj disertaciji iznosi oprečna saznanja, prema kojima je koeficijent težišta (u ultrazvučnom istraživanju izgovora vokala hrvatskoga jezika) ukazao na to da vokal [a] nije središnji, već izgovorno vrlo blizu stražnjih vokala. Između ostaloga, rezultati provedenoga istraživanja kod Carović (2014) pokazali su da je (kod nekih govornika posebice) izgovor vokala [u] predniji od vokala [a] i [o]. Ostaju otvorena pitanja: a) jesu li na rezultate mogle utjecati izgovorne karakteristike izabranih govornika čiji se govor evaluirao, b) je li fiksiranje ultrazvučne sonde moglo utjecati na primjerice zatvoreniji izgovor vokala [a]

i c) jesu li uslijed ultrazvučnog snimanja govora aktivirani kompenzacijski artikulacijski mehanizmi (koji su mogli središnji vokal [a] učiniti stražnjim)?

Na temelju minimalnih i maksimalnih vrijednosti pojedinačnih vrijednosti F1, F2 i F3 u vokalima [a], [e], [i], [o] i [u], prikazanih u *Tablici 1*, možemo primijetiti da se one kreću:

- oko 100 Hz više ili niže od prosječnih vrijednosti prvoga formanta kod svih vokala,
- oko 150 Hz više ili niže od prosječnih vrijednosti drugoga formanta kod svih vokala osim kod stražnjih [u] i [o] kod kojih je nešto manja frekvencijska udaljenost minimalnih i maksimalnih vrijednosti od prosječne vrijednosti F2 te
- oko 200 Hz više ili niže od prosječnih vrijednosti trećega formanta kod vokala [a], [e] i [i], dok je kod stražnjih vokala nešto veća frekvencijska udaljenost (300-tinjak Hz) minimalnih i maksimalnih vrijednosti od prosječne vrijednosti F3.

Udaljenost minimalnih i maksimalnih vrijednosti od prosječnih vrijednosti formanta u okviru je očekivanoga raspona, s obzirom na to da su se govornici birali prema nekoliko kriterija, s ciljem postizanja što homogenije govorne skupine. Neki govornici kod kojih je naknadno zamijećena izraženija lokalnost u izgovoru vokala eliminirani su iz korpusa jer njihov izgovor nije verificiran kao opći hrvatski. U njihovim prezatvorenim, neutraliziranim ili pak previše stražnjim vokalima vrijednosti formanta zasigurno bi više odstupale od prosjeka, baš kao i minimalne te maksimalne vrijednosti.

Osvrnemo li se na vrijednosti raspršenja rezultata (SD) prikazanih u *Tablici 1*, možemo zamijetiti da je kod svih vokala najmanja disperzija zabilježena kod F1, nešto veća kod F2 i najveća kod F3. Sagledaju li se rezultati raspršenja s obzirom na vrstu vokala, a ne prema broju formanta, saznajemo da su vokali s najmanjim stupnjem raspršenja prednji vokali [i], [e] te središnji vokal [a]. Najveći stupanj raspršenja zabilježen je kod stražnjih vokala [u] i [o]. *Teorija artikulacijske angažiranosti* objašnjava da su glasnici kojima jezik nije aktivan artikulacijski (posebice se misli na uključenost leđa jezika) ujedno glasnici s najmanje artikulacijskoga utjecaja i glasnici koji su manje otporni na koartikulaciju (Recasens, Pallares, & Fontdevila, 1997). Prema spomenutoj teoriji, zatvoreni (visoki) vokali trebali bi biti manje varijabilni od otvornih vokala. Međutim, rezultati ovoga istraživanja, kao i rezultati istraživanja Carović (2014) ne idu im u potpunosti u prilog. Naime, teorija artikulacijske angažiranosti potvrđena je za vokale [i] i [e] u odnosu na vokal [a]. Međutim, vokali [u] i [o] pokazali su (neočekivano) najviši stupanj raspršenosti, što nam govori o manjem

artikulacijskom utjecaju na okolne glasnike i manjem otporu na koartikulaciju susjednih glasnika.

### **6.1.2. Usporedba deskriptivnih mjera formantske analize kod muških govornika hrvatskoga jezika s prethodnim istraživanjima**

S obzirom na to da se većina prijašnjih istraživanja na temu formantskih frekvencija u hrvatskome jeziku metodološki bitno razlikuje od ovoga (u govornome materijalu, broju ispitanika, svrstavanju muških i ženskih govornika u istu skupinu, obradi podataka, metodi mjerenja itd.) većina će se rezultata opisno usporediti, bez statističke provjere (koja bi u tom slučaju bila neopravdana).

#### *Vokal [a]*

U prethodnim istraživanjima, prosječne vrijednosti prvoga formanta pri izgovoru vokala [a] kod muških govornika hrvatskoga jezika kreću se od 607 Hz (Bakran, 1990; Varošaneć-Škarić, 2005) do 798 Hz (Varošaneć-Škarić, 2010). Vrijednosti prvoga formanta kod vokala [a] dobivene u ovoj doktorskoj disertaciji (671 Hz) najbliže su vrijednosti F1 od 670 Hz, koju iznosi Bakran (1996) te vrijednosti od 672 Hz koje Kišiček (2012) navodi za najbolje procijenjene muške glasove.

Vrijednosti drugoga formanta u prethodnim se radovima kreću od najniže vrijednosti koja iznosi 1 041 Hz (Varošaneć-Škarić, 2005) do najviše vrijednosti od 1 400 Hz, koju navodi Škarić (1991). Kod većine su autora vrijednosti F2 okupljene oko 1 200 Hz (Bakran, 1996; Varošaneć-Škarić, 2010; Kišiček, 2012; Varošaneć-Škarić & Bašić, 2015; Bašić, 2018), dok su kod nekih autora (Bakran & Stamenković, 1990; Varošaneć-Škarić, 2005) nešto viših vrijednosti. Zamjetno je da su u starijim radovima (Škarić, 1991; Bakran, 1996; Varošaneć-Škarić, 2005) vrijednosti F3 kod vokala [a] više varirale (od 2 250 Hz do 2 535 Hz) nego u novijim radovima (Kišiček, 2012; Varošaneć-Škarić & Bašić, 2015) u kojima se prosječna vrijednost kretala oko 2 400 Hz. Prosječna vrijednost trećega formanta (2 438 Hz) dobivena u ovome radu za vokal [a] podudarna je s onom koju iznosi Kišiček (2012).

#### *Vokal [e]*

U prethodno provedenim studijama u hrvatskome jeziku, prosječne vrijednosti prvoga formanta pri izgovoru vokala [e] kretale su se od najnižih 428 Hz koje Bakran (1990) navodi za govor sporijega tempa do najviših 500 Hz (Škarić, 1991). Kod velikog broja autora (Bakran & Stamenković, 1990; Bakran, 1996; Varošaneć-Škarić, 2010; Varošaneć-Škarić &

Bašić, 2015) vrijednosti F1 kreću se u rasponu od 470 Hz do 495 Hz. Vrijednosti utvrđene u ovome radu (489 Hz) također se nalaze u spomenutom rasponu, a najbliže su vrijednostima F1 koje navodi Varošaneć-Škarić (2010).

Kod gotovo svih autora vrijednosti F2 okupljene su oko 1 800 Hz (Škarić, 1991; Bakran, 1996; Varošaneć-Škarić, 2010; Kišiček, 2012; Varošaneć-Škarić & Bašić, 2015; Varošaneć-Škarić, Kišiček & Bašić, 2017; Bašić, 2018). Nešto niže vrijednosti drugoga formanta za izgovor vokala [e] u govoru brzim (1 720 Hz) i sporim tempom (1 704 Hz) navodi Bakran (1990), a iste godine u koautorstvu iznosi nešto više vrijednosti (Bakran & Stamenković, 1990). Prosječna vrijednost F2 u ovome radu najbliža je vrijednosti iz predistraživanja Varošaneć-Škarić i Bašić (2015) koja iznosi 1 811 Hz.

Prosječne vrijednosti trećega formanta pri izgovoru vokala [e] kod muških govornika dosta su raspršene u usporedbi rezultata u prethodnim istraživanjima. Najniža vrijednosti F3 od 2 427 Hz zabilježena je kod Varošaneć-Škarić i Bašić (2015), a najviša vrijednost od 2 930 Hz kod Bakrana i Stamenkovića (1990). Prosječna vrijednost trećega formanta dobivena u ovome radu (2 449 Hz) najbliža je vrijednosti od 2 456 Hz koju navodi Bakran (1996) te vrijednosti od 2 427 Hz koju su utvrdile Varošaneć-Škarić i Bašić (2015).

#### *Vokal [i]*

Prosječne vrijednosti prvoga formanta pri izgovoru vokala [i] koje su navođene u prethodnim istraživanjima kreću se od najniže vrijednosti od 263 Hz koju za govor sporijim tempom navodi Bakran (1990) do najviše vrijednosti od 360 Hz koju iznosi Škarić (1991). Prosječna vrijednost dobivena u ovome radu iznosi 307 Hz i najbliža je vrijednosti od 306 Hz koju navodi Varošaneć-Škarić (2010). U gotovo svim prethodnim istraživanjima (Škarić, 1991; Bakran, 1996; Varošaneć-Škarić, 2005; 2010; Kišiček, 2012; Varošaneć-Škarić & Bašić, 2015) prosječne se vrijednosti kreću u uskom rasponu od 2 100 Hz do 2 200 Hz, u kojem se nalaze i vrijednosti iz ovoga rada (2 137 Hz). Najniže vrijednosti navodi Bakran (1990) za govor sporim (2 038 Hz) i brzim tempom (1 956 Hz), a najvišu vrijednost od 2 623 Hz iste godine objavljuju Bakran i Stamenković (1990).

Vrijednosti trećega formanta kreću se od najniže vrijednosti od 2 524 Hz koju navodi Kišiček (2012) za najbolje procijenjene muške glasove do najviše vrijednosti od 3 246 Hz (Bakran & Stamenković, 1990). Rezultati prosječne vrijednosti F3 pri izgovoru vokala [i] dobiveni u

ovome radu (2 751 Hz) najbliži su vrijednosti od 2 725 Hz, koju su utvrdile Varošaneć-Škarić i Bašić (2015).

#### *Vokal [o]*

U prijašnjim istraživanjima zabilježena je najniža vrijednost F1 pri izgovoru vokala [o] od 450 Hz kod Škarića (1991), a najviša vrijednost potvrđena je kod Bakrana i Stamenkovića (1990) i iznosi 576 Hz. Vrijednost F1 utvrđena u ovome radu iznosi 489 Hz (vidi *Tablicu 1*) i najbliža je vrijednosti koju navodi Bakran (1996). Vrijednosti su F2 nešto razlikovnije, a najčešće se spominje vrijednost oko 1 000 Hz i to u novijim radovima (Kišiček, 2012; Varošaneć-Škarić & Bašić, 2015). Bakran i Stamenković (1990), Bakran (1996) te Varošaneć-Škarić (2010) navode nešto niže vrijednosti (oko 900 Hz), dok Škarić (1991) iznosi najviše vrijednosti (1 150 Hz). Vrijednost F2 utvrđena u ovome radu iznosi 977 Hz i najbliža je rezultatu od 980 Hz, koji navode Bakran i Stamenković (1990).

Kao kod prethodno komentiranih vokala, tako i pri izgovoru vokala [o] možemo primijetiti da je najveća raznolikost u prethodnim istraživanjima u prosječnim vrijednostima trećega formanta. Vrijednosti se najčešće kreću od najnižih 2 300 Hz kod Škarića (1991) do najviših 2 776 Hz kod Bakrana i Stamenkovića (1990). Vrijednost F3 iz ovoga rada (2 402 Hz) najbliža je vrijednosti od 2 405 Hz, koju navode Varošaneć-Škarić i Bašić (2015).

#### *Vokal [u]*

Vrijednosti prvoga formanta kod vokala [u] u prethodnim su istraživanjima uglavnom okupljene oko 350 Hz (Bakran & Stamenković, 1990; Škarić, 1991; Bakran, 1996; Varošaneć-Škarić, 2010; Kišiček, 2012; Varošaneć-Škarić & Bašić, 2015). Najniže vrijednosti F1 utvrdio je Bakran (1990) za govor sporim (296 Hz) i brzim tempom (310 Hz), dok je najviša vrijednost navedena kod Varošaneć-Škarić (2010).

Prosječne vrijednosti F2 nešto su raspršenije i kreću se u rasponu od 700 Hz (Bakran, 1990; Bakran & Stamenković, 1990; Bakran, 1996) do 900 Hz (Kišiček, 2012), iako je u većini radova navedena prosječna vrijednost oko 800 Hz (Bakran, 1990; Varošaneć-Škarić, 2010; Varošaneć-Škarić & Bašić, 2015). Prosječna vrijednost F2 utvrđena u ovome radu (803 Hz) najbliža je vrijednosti od 799 Hz koju navode Varošaneć-Škarić i Bašić (2015).

Vrijednosti trećega formanta kod vokala [u] kreću se kao i kod vokala [o], uglavnom oko 2 450 Hz (Škarić, 1991; Bakran, 1996; Varošaneć-Škarić & Bašić, 2015;). Najviše su

vrijednosti od 2 764 Hz zabilježene kod Bakrana i Stamenkovića (1990) te 2 690 Hz kod Kišiček (2012). Najnižu vrijednost F3 (2 410 Hz) iznose Varošaneć-Škarić i Bašić (2015), kojoj su najbliže vrijednosti iz ovoga rada (2 428 Hz).

S obzirom na to da se većina prethodnih istraživanja o formantskim analizama vokalskoga sustava hrvatskoga jezika metodološki bitno razlikovala od postavki u ovome radu, kako u pogledu opsega i vrste govornoga materijala, tako i po pitanju porijekla govornika, njihove starosti, ukupnom broju govornika i metodama mjerenja formantata, te bi stoga statistički bilo neopravdano uspoređivati prosječne vrijednosti formantata i utvrđivati značajnost njihove razlike. U novijim istraživanjima, u posljednjih 10-ak godina (Kišiček, 2012; Varošaneć-Škarić, 2010), broj govornika bio je ispod donje granice koja bi se u statistici odobrila za usporedbu s rezultatima dobivenima u ovome radu. Iz spomenutih razloga, u nastavku će biti statistički ispitane samo razlike u vrijednostima dobivenima u ovome radu s onima iz pilot istraživanja Varošaneć-Škarić i Bašić (2015). Usporedbom prosječnih vrijednosti prvih triju formantata u oba rada, zasebno za svaki vokal hrvatskoga jezika i zasebno za muške govornike rezultati analize pokazali su svega dvije manje statistički značajne razlike<sup>79</sup> i to za:

- vokal [a] u vrijednosti F1 ( $t(1,58) = -2,15$ ,  $p < 0,05$ ) te za
- vokal [o] u vrijednosti F2 ( $t(1,58) = -3,38$ ,  $p < 0,01$ ).

S obzirom na to da više vrijednosti prvoga formanta ukazuju na veći stupanj otvora, a niže vrijednosti na manji stupanj otvora pri izgovoru vokala, rezultate možemo protumačiti tako da je vokal [a] u istraživanju Varošaneć-Škarić i Bašić (2015) nešto otvoreniji od vokala [a] u ovome radu.

---

<sup>79</sup> U rezultatima su od mogućih 30 parametara (F1, F2 i F3 u pet vokala hrvatskoga jezika, zasebno za muškarce i za žene) utvrđene samo dvije manje statistički značajne razlike. Iako nam to govori da su istraživanja metodološki vrlo usporediva, ostaje mogućnost da je na značajne razlike utjecao i različit broj verifikatora. Naime, u istraživanju Varošaneć-Škarić i Bašić (2005) verifikatorice su bile obje autorice, dok je u ovome radu verifikatorica bila samo Iva Bašić.

### 6.1.3. Deskriptivne vrijednosti formantskih frekvencija kod ženskih govornika hrvatskoga jezika

Referentne vrijednosti formantskih frekvencija za vokale hrvatskoga jezika, osim za muške glasove, mjerene su i za ženske (N=35). S obzirom na to da je za potrebe rada snimljeno ukupno 49 žena, od kojih je izabrano njih 35, mjerenjem frekvencijskih vrijednosti prvih triju formantata dobiveno je ukupno 5 250 vrijednosti za ženske govornike hrvatskoga jezika. Prosječne referentne vrijednosti (M) formantata dobivene su uprosječivanjem pojedinačnih vrijednosti zasebno za svaki formant (F1-F3) svakoga vokala. Osim prosječnih vrijednosti formantskih frekvencija, izračunate su i sljedeće deskriptivne statističke mjere: minimalna (min) i maksimalna vrijednost (maks), standardna devijacija (SD) te medijan (C).

Tablica 2. Prosječne, medijan, minimalne, maksimalne i SD vrijednosti prvih triju formantata kod ženskih govornika hrvatskoga jezika pri izgovoru vokala [a], [e], [i], [o] i [u] izražene u hercima (Hz).

	Hz	F1	F2	F3
<b>[a]</b>	M	816	1 370	2 521
	C	817	1 370	2 579
	Min	671	1 217	2 061
	Maks	929	1 719	2 880
	SD	17,9	14,3	41,4
<b>[e]</b>	M	578	2 107	2 706
	C	572	2 097	2 704
	Min	475	1 905	2 310
	Maks	756	2 446	3 027
	SD	11,9	23,6	48,2
<b>[i]</b>	M	377	2 399	2 875
	C	372	2 393	2 887
	Min	296	2 144	2 548
	Maks	505	2 607	3 054
	SD	10,5	29	63,2
<b>[o]</b>	M	566	1 040	2 468
	C	558	1 016	2 476
	Min	446	868	2 201
	Maks	680	1 257	2 685
	SD	12,8	20,1	25,2
<b>[u]</b>	M	395	844	2 575
	C	393	845	2 570
	Min	319	639	2 308
	Maks	486	962	2 766
	SD	10,4	18,7	27



Iz *Tablice 2* vidljivo je da su, kao i u skupini muškaraca, vrijednosti prvoga formanta najniže pri izgovoru vokala [i], a najviše kod vokala [a], što nam govori da je vokal [i] najzatvoreniji vokal u hrvatskome vokalskom sustavu, dok je vokal [a] najotvoreniji. Prema stupnju zatvorenosti slijede vokal [u] te poluzatvoreni vokali [e] i [o]. Najniže vrijednosti drugoga formanta izmjerene su kod vokala [u], a najviše pri izgovoru vokala [i], što upućuje na stražnji izgovor kod vokala [u] te prednjost pri izgovoru vokala [i]. Za vokal [e] mogli bismo reći da je u manjoj mjeri prednjega izgovora od vokala [i], dok je vokal [o] nešto manje stražnji od vokala [u]. S obzirom na to da protruzija i zaokruženost usana dovode do snižavanja vrijednosti svih formanta, a posebice drugoga formanta (Lindblom & Sundberg, 1971; Alotaibi & Hussain, 2010), jasno je da upravo stražnji i zaokruženi vokali hrvatskoga vokalskog sustava ([u] i [o]) imaju najniže vrijednosti F2. Kod trećega su formanta također zabilježene najviše vrijednosti pri izgovoru vokala [i], dok su najniže izmjerene kod vokala [o].

Usporedimo li prosječne vrijednosti formanta (M vrijednosti) s medijan vrijednostima (C vrijednosti) kod ženskih govornika hrvatskoga jezika u svim vokalima, možemo vidjeti da se navedene vrijednosti u određenim primjerima podudaraju (npr. u F2 kod vokala [a]), dok su ponekad udaljene za čak 58 Hz (npr. u F3 kod vokala [a]). Možemo to protumačiti tako da su kod većih razlika u M i C vrijednostima ekstremne vrijednosti sirovih rezultata utjecale na *pomicanje* prosječnih vrijednosti formanta. Nešto veća odstupanja (preko 10 Hz) M od C vrijednosti formanta, utvrđena su kod F2 u vokalima [e] i [o] te kod F3 kod vokala [a] i [i].

Kao što je već u radu napomenuto, kretanja prvoga formanta uglavnom se povezuju s obilježjima otvorenosti i zatvorenosti, dok se kretanja drugoga formanta povezuju s obilježjima prednjosti i stražnjosti. S obzirom na to, rezultate formantske analize kod ženskih govornika hrvatskoga jezika možemo protumačiti na sljedeći način: vokal [a] pokazao se kao najotvoreniji vokal u hrvatskome jeziku, nakon kojega slijede vokali [e] i [o] kao poluzatvoreni, zatim vokal [u] i naposljetku vokal [i], koji je s najnižim vrijednostima F1 ujedno i najzatvoreniji vokal. Na isti način kategorizirani su i vokali kod Težaka i Babića (2000), Škarića (2010) i Varošaneć-Škarić (2010).

Prema obilježju prednjosti i stražnjosti, odnosno vrijednostima drugoga formanta, razvidno je da je vokal [i] najpredniji, a potom slijede vokali [e], [a], [o] i naposljetku vokal [u] kao najstražnjiji. Carović (2014) u svojoj disertaciji iznosi oprečna saznanja, prema kojima je koeficijent težišta ukazao na to da vokal [a] nije središnji, već izgovorno vrlo blizu stražnjih

vokala. Također, autorica navodi da se kod nekih ispitanika vokal [u] pokazao kao nešto prednjiji od vokala [a] i [o], što može biti uzrokovano uzorkom govornika i/ili istraživačkom (ultrazvučnom) metodom.

Na temelju minimalnih i maksimalnih vrijednosti pojedinačnih vrijednosti F1, F2 i F3 u vokalima [a], [e], [i], [o] i [u], prikazanih u *Tablici 2*, možemo primijetiti da se one kreću:

- oko 150 Hz više ili niže od prosječnih vrijednosti prvoga formanta,
- oko 250 Hz više ili niže od prosječnih vrijednosti drugoga te
- oko 300 Hz više ili niže od prosječnih vrijednosti trećega formanta.

Također, valjalo bi napomenuti da su kod stražnjih vokala [u] i [o] zamijećene manje frekvencijske udaljenosti od prosječnih vrijednosti, što u skupini ženskih govornika vrijedi za sve formante (za F1 70-ak Hz, za F2 oko 150 Hz, a za F3 200-tinjak Hz niže i više od prosječne vrijednosti).

Pogledamo li vrijednosti raspršenja rezultata (SD) prikazane u *Tablici 2*, možemo zamijetiti da je kod gotovo svih vokala najmanja disperzija zabilježena kod F1, nešto veća kod F2 i najveća kod F3. Iznimka je vokal [a] kod kojega je raspršenje rezultata najmanje kod F2, nešto veće kod F1 i najveće kod F3. Sagledaju li se rezultati u okviru različitih vokala, zanimljivo je da su najmanja i najveća raspršenja kod žena obrnuto proporcionalna onima kod muškaraca. Naime, najmanje raspršenje rezultata u skupini ženskih govornika utvrđeno je kod stražnjih vokala i središnjega [a], dok je najveće raspršenje zabilježeno kod prednjih vokala. Odnosno, najveće raspršenje formanta kod žena utvrđeno je u skupini stražnjih vokala, koji su kod muškaraca pokazali najnižu razinu raspršenja. Kao i kod muških govornika hrvatskoga jezika, u ovoj su se skupini rezultati također djelomično uklopili u teoriju artikulacijske angažiranosti jer je vokal [u] pokazao najmanji stupanj raspršenosti, odnosno veći koartikulacijski otpor. S druge pak strane, drugi vokali (posebice vokal [a]) pokazali su neočekivano nizak stupanj raspršenja.

#### **6.1.4. Usporedba deskriptivnih mjera formantske analize kod ženskih govornika hrvatskoga jezika s prethodnim istraživanjima**

S obzirom na to da se većina prijašnjih istraživanja na temu formantskih frekvencija u hrvatskome jeziku metodološki bitno razlikuje od ovoga (u govornome materijalu, broju ispitanika, svrstavanju muških i ženskih govornika u istu skupinu, obradi podataka, metodi mjerenja itd.) većina će se rezultata opisno usporediti.

Kao što je već u prethodnome poglavlje naznačeno, većina prijašnjih istraživanja na temu formantskih frekvencija u hrvatskome jeziku metodološki se bitno razlikuje od ovoga te će se iz tog razloga rezultati uglavnom opisno uspoređivati, bez statističke provjere (koja bi u tom slučaju bila neopravdana).

#### *Vokal [a]*

U prethodno provedenim istraživanjima za F1 vrijednosti kod izgovora vokala [a] navođene su vrijednosti u rasponu od 700 Hz (Škarić, 1991) do najviših 884 Hz (Bakran i Stamenković, 1990; Bakran 1996). Vrijednost F1 dobivena u ovome radu (816 Hz) najbliža je rezultatu od 835 Hz, koju navode Varošaneć-Škarić i Bašić (2015). Također, valjalo bi spomenuti da se F1 vrijednosti uglavnom kreću oko 800 Hz za ženske govornike hrvatskoga jezika. Nešto niže vrijednosti F1 navodi Kišiček (2012) te Škarić (1991). Pletikos (2003)<sup>80</sup> je u svome radu analizirala formantsku strukturu (F1 i F2) pri ostvaraju različitih naglasaka (kratkosilazni, kratkouzlazni, dugosilazni i dugouzlazni) kod svih vokala, na temelju govora jedne ženske govornice. Vrijednosti F1 pri izgovoru vokala [a] koje navodi autorica, kreću se od 850 Hz (za DS) do 950 Hz (za KS).

Drugi se formant uglavnom kretao oko 1 350 Hz (Bakran & Stamenković, 1990; Bakran, 1996; Varošaneć-Škarić, 2005; Varošaneć-Škarić, 2010; Varošaneć-Škarić & Bašić, 2015), a kod Pletikos (2003) i Kišiček (2012) nešto je viših vrijednosti (oko 1 500 Hz). Najnižu vrijednost od 1 332 Hz navodi Varošaneć-Škarić (2010), a najvišu od 1 565 Hz Kišiček (2012). Kod trećega je formanta pri izgovoru vokala [a] nešto veće raspršenje rezultata (od 2 250 Hz kod Škarića (1991) do 2 709 Hz kod Bakrana (1996) te Bakrana i Stamenkovića (1990). Vrijednost F3 od 2 521 Hz utvrđena u ovome radu najbliža je rezultatu od 2 449 Hz koje navode Varošaneć-Škarić i Bašić (2015).

#### *Vokal [e]*

Za razliku od vrijednosti prvih triju formanata pri izgovoru vokala [a], prosječne vrijednosti kod vokala [e] više se razlikuju u usporedbi prethodnih radova. Većina F1 vrijednosti kreće se oko 500 Hz (Bakran & Stamenković, 1990; Škarić, 1991; Bakran, 1996; Kišiček, 2012; Varošaneć-Škarić & Bašić, 2015), dok Pletikos (2003) navodi nešto niže vrijednosti od oko

---

<sup>80</sup> Autorica u radu nije navela brojčane vrijednosti formanata već „akustički prikaz naglašenih vokala u dvosložnim i trosložnim riječima jednog govornika na temelju prvog i drugog formanta“ (Pletikos, 2003: 331). S obzirom na to da vrijednosti nisu numerički navedene, već se samo mogu približno procijeniti, nisu navođene niti u tabličnim prikazima s preciznim vrijednostima u ovome radu. O rezultatima ovoga rada raspravljati će se opisno u tekstu rada.

400 Hz (za DS) do 550 Hz (za KU), a Varošaneć-Škarić (2010) najviše vrijednosti (707 Hz). Vrijednost F1 utvrđena u ovome radu (578 Hz) najbliža je vrijednosti od 577 Hz, koju iznose Varošaneć-Škarić i Bašić (2015).

Drugi je formant nešto raspršenijih vrijednosti od prvoga, pa se tako mogu primijetiti grupiranja vrijednosti oko 1 800 Hz (Škarić, 1991; Pletikos, 2003), 2 100 Hz (Pletikos, 2003; Varošaneć-Škarić, 2010; Kišiček, 2012; Varošaneć-Škarić i Bašić, 2015) te oko 2 300 (Bakran & Stamenković, 1990; Bakran, 1996). U ovome je radu utvrđena prosječna vrijednost F2 od 2 107 Hz, koja je najbliža vrijednosti od 2 112 Hz dobivene u istraživanju Varošaneć-Škarić i Bašić (2015). Vrijednosti trećega formanta također su raspršenije, a kreću se u rasponu od 2 500 Hz (Škarić, 1991) do 2 930 Hz (Bakran & Stamenković, 1990; Bakran, 1996). Vrijednost F3 dobivena u ovome radu (2 706 Hz) najbliža je vrijednosti od 2 704 Hz, koju navode Varošaneć-Škarić i Bašić (2015).

#### *Vokal [i]*

Rezultati prethodno provedenih studija ukazuju na usko grupiranje prosječnih vrijednosti F1 pri izgovoru vokala [i], u rasponu od 300 Hz do 405 Hz. Najniže su vrijednosti zabilježene kod Bakrana (1990; 1996) i iznose 302 Hz, dok najvišu vrijednost od 404 Hz navodi Varošaneć-Škarić (2010). Vrijednost od 377 Hz dobivena u ovome radu najbliža je rezultatu od 370 Hz koji navode Varošaneć-Škarić i Bašić (2015). Nešto veće raspršenje može se zamijetiti kod vrijednosti drugoga i trećega formanta, od kojih se F2 uglavnom kretao od 2 300 Hz do 2 630 Hz. Najniže vrijednosti (2 200 Hz) navodi Škarić (1991), a najviše Bakran i Stamenković (1990) te Bakran (1996), koji navode vrijednost od 2 623 Hz. Kod Pletikos (2003) se F2 vrijednosti kreću u rasponu od 2 400 Hz (za KS) do 2 600 Hz (za DU). Vrijednost utvrđena u ovome radu (2 399 Hz) najbliža je vrijednosti F2 od 2 375 Hz, koju Varošaneć-Škarić i Bašić (2015).

Vrijednosti trećega formanta uglavnom su okupljene oko raspona od 2 800 Hz do 2 875 Hz (Škarić, 1991; Varošaneć-Škarić i Bašić, 2015), u kojem se nalazi i vrijednost utvrđena u ovome radu (2 875 Hz). Najniža je vrijednost (2 832 Hz) zabilježena kod Varošaneć-Škarić i Bašić (2015), a više vrijednosti koje se kreću oko 3 200 Hz navode Bakran i Stamenković (1990) te Bakran (1996).

### *Vokal [o]*

Na temelju vrijednosti navedenih u *Tablici 2* možemo reći da se vrijednosti F1 za vokal [o] kod ženskih govornika hrvatskoga jezika uglavnom kreću oko 500 Hz (Bakran i Stamenković, 1990; Škarić, 1991; Bakran, 1996; Varošaneć-Škarić, 2010; Kišiček, 2012). Najvišu prosječnu vrijednost od 580 Hz navode Varošaneć-Škarić i Bašić (2015), dok Pletikos (2003) navodi najnižu od oko 420 Hz (za DS) te više vrijednosti od 580 Hz (za KU). Vrijednost F1 utvrđena u ovome radu (566 Hz) najbliža je Bakranovom (1996) rezultatu od 576 Hz.

Vrijednosti drugoga formanta u većoj su mjeri raspršene i grupirane su u dvije skupine rezultata. U prvoj su skupini vrijednosti F2 okupljene uglavnom oko 900 Hz (Bakran & Stamenković, 1990; Bakran, 1996; Škarić, 1991), kojima možemo pripisati i rezultate Pletikos (2003) koja navodi raspon od otprilike 800 Hz (za DU) do 1 000 Hz (za DS). U drugoj skupini rezultata vrijednosti F2 okupljene su oko 1 100 Hz (Škarić, 1991; Kišiček, 2012; Varošaneć-Škarić & Bašić, 2015). Vrijednost F2 utvrđena u ovome radu (1 040 Hz) najbliža je vrijednosti od 1 104 Hz, koju iznosi Kišiček (2012) za najbolje procijenjene ženske glasove.

Pri izgovoru vokala [o] najveće je raspršenje rezultata vidljivo kod F3, čije su vrijednosti raspršene u dva šira frekvencijska raspona, od kojih je prvi od 2 300 Hz do 2 500 Hz (Škarić, 1991; Varošaneć-Škarić & Bašić, 2015), a drugi nešto uži i obuhvaća frekvencije od 2 700 Hz do 2 800 Hz (Bakran & Stamenković, 1990; Bakran, 1996; Kišiček, 2012). Najniža vrijednost od 1 300 Hz zabilježena je kod Škarića (1991), a najviša (1 814 Hz) kod Kišiček (2012). Kao i u većini prethodnih vokala, vrijednosti utvrđene u ovome radu najsljednije su vrijednosti koju navode Varošaneć-Škarić i Bašić (2015).

### *Vokal [u]*

Kod vokala [u] vrijednosti prvih triju formanta kod većine se autora iz prethodnih istraživanja kreću u rasponu od 353 Hz (Bakran & Stamenković, 1990; Bakran, 1996) do 404 Hz (Varošaneć-Škarić, 2010). Vrijednost F1 utvrđena u ovome radu najbliža je vrijednosti od 389 Hz, koju navodi Kišiček (2012). Za vrijednosti drugoga formanta može se zamijetiti da stariji radovi (od Bakrana i Stamenkovića (1990) do Varošaneć-Škarić (2010)) navode vrijednosti oko 700 Hz, dok su u novijim radovima (Kišiček, 2012; Varošaneć-Škarić & Bašić, 2015) te u ovome radu, vrijednosti F2 nešto više (oko 850 Hz). Moguće je da su razlike u uzorku govornika (vokalni profesionalci u usporedbi s prosječnim govornicima hrvatskoga

jezika) dovele do razlika u rezultatima. Pletikos (2003) u svome radu navodi malo širi frekvencijski raspon kojim su okupljeni rezultati iz objiju skupina (od otprilike 750 Hz za DU do visokih 1 000 Hz za KS).

Vrijednosti F3 kreću se u rasponu od 2 450 Hz (Škarić, 1991) do 2 810 Hz (Kišiček, 2012). Vrijednosti utvrđene ovim radom frekvencijski su vrlo blizu vrijednosti od 2 567 Hz, koju iznose Varošaneć-Škarić i Bašić (2015).

S obzirom na metodološke razlike u postavkama ovoga rada i prijašnjih radova o formantima vokalskoga sustava u hrvatskome jeziku, spomenutih u prethodnome poglavlju, i u skupini ženskih govornika bit će statistički ispitane samo razlike u vrijednostima dobivenima u ovome radu s onima iz rada Varošaneć-Škarić i Bašić (2015). Usporedbom prosječnih vrijednosti prvih triju formanta u oba rada, zasebno za svaki vokal hrvatskoga jezika i zasebno u skupini ženskih govornika, rezultati analize pokazali su tri manje statistički značajne razlike i to za:

- vokal [a] u vrijednosti F3 ( $t(1,47) = 2,07$ ,  $p < 0,05$ ),
- vokal [o] u vrijednosti F2 ( $t(1,47) = -3,84$ ,  $p < 0,01$ ) te za
- vokal [u] u vrijednosti F2 ( $t(1,47) = -2,54$ ,  $p < 0,05$ ).

Osim što više vrijednosti trećega formanta ukazuju na veći stupanj laringalne napetosti i viši položaj larinksa, njegove vrijednosti mogu se sniziti prilikom protruzije i zaokruživanja usana. Budući da su prosječne vrijednosti F3 pri izgovoru vokala [a] u ovome radu nešto niže u usporedbi s onima koje iznose Varošaneć-Škarić i Bašić (2015) te da se pri izgovoru tog vokala usne ne zaokružuju i isturaju prema van, rezultate možemo protumačiti s obzirom na laringalnu napetost i položaj larinksa. Drugim riječima, moguće je da je laringalna napetost veća i položaj larinksa viši kod ženskih govornika analiziranih u ovome radu od onih u radu Varošaneć-Škarić i Bašić (2015), gdje su govornici nedvojbeno imali opći, odnosno, standardan izgovor vokala.

Vrijednosti drugoga formanta kod stražnjih vokala [u] i [o], kod kojih je također utvrđena manja statistički značajna razlika, niže su u ovome radu te zbog mogu ukazivati stražnjiji izgovor vokala opisanih u ovome radu u odnosu na one u radu Varošaneć-Škarić i Bašić (2015).

### **6.1.5. Utjecaj različitoga fonetskoga okruženja na frekvencijske vrijednosti formanata u hrvatskome jeziku**

O koartikulacijskome utjecaju na formantske frekvencije ciljanoga glasnika bilo je riječi u uvodnome dijelu ovoga rada. U nastavku će se poglavlja utvrditi utječe li različito fonetsko okruženje na prosječnu vrijednost prvih triju formanata u medijalnome dijelu vokala hrvatskoga jezika, zasebno kod muškaraca i kod žena. Također, nastojat će se utvrditi ima li dosljednosti u kretanjima frekvencijskih vrijednosti formanata unutar vokalskoga sustava.

S obzirom na to da je za svaki vokal hrvatskoga jezika ([a], [e], [i], [o] i [u]) u govornome materijalu predviđeno po deset riječi kojima se predstavilo različito fonetsko okruženje, zbog složenosti se statističke obrade rezultata okruženje podijelilo u tri temeljne kategorije:

- 1) *okluzivno okruženje* (unutar kojega su uvršteni zvučni i bezzvučni okluzivi),
- 2) *afrikatno-frikativno okruženje* (pod kojim su uvrštene zvučne i bezzvučne afrikate te frikativi) i
- 3) *sonantsko okruženje* (koje je najšire i obuhvaća više skupina glasnika: nazale, aproksimante i vibrant).

Na temelju prosječnih i centralnih vrijednosti u različitim okruženjima (okluzivnom, afrikatno-frikativnom te sonantskom) kod svih pet vokala hrvatskoga jezika, u skupini muških govornika, prikazanih u *Tablici 3*, možemo primijetiti da su:

- centralne vrijednosti formanata (F1-F3) uglavnom najviše u okluzivnim okruženjima (i to češće kod F2 i F3),
- centralne vrijednosti formanata (F1-F3) uglavnom najniže u afrikatno-frikativnim okruženjima (najčešće kod F1),
- dok su centralne vrijednosti formanata (F1-F3) u sonornim okruženjima uglavnom srednje veličine (uglavnom više kod F1 i niže kod F3).

Tablica 3. Standardna devijacija, prosječne i medijan vrijednosti prvih triju formanata (F1-F3), izražene u hercima (Hz) u tri različita okruženja, kod svih pet hrvatskih vokala ([a], [e], [i], [o] i [u]) u skupini muških govornika.

		F1 [a] (671)			F2 [a] (1 216)			F3 [a] (2 438)		
vokal	okruženje	M	C	SD	M	C	SD	M	C	SD
[a]	okl.	669	668	56	1239	1239	66	2437	2442	105
	afrik.-frik.	661	671	59	1192	1185	65	2405	2405	125
	son.	686	681	56	1210	1215	64	2472	2552	110
		F1 [e] (489)			F2 [e] (1819)			F3 [e] (2449)		
[e]	okl.	488	492	51	1830	1828	58	2423	2307	80
	afrik.-frik.	475	474	47	1815	1812	54	2461	2311	90
	son.	502	514	50	1813	1818	50	2459	2391	90
		F1 [i] (307)			F2 [i] (2137)			F3 [i] (2751)		
[i]	okl.	303	307	28	2139	2124	67	2758	2762	69
	afrik.-frik.	305	304	31	2131	2139	58	2746	2761	78
	son.	312	310	27	2140	2112	74	2748	2748	72
		F1 [o] (489)			F2 [o] (977)			F3 [o] (2402)		
[o]	okl.	498	507	53	944	939	97	2426	2460	163
	afrik.-frik.	487	497	47	986	989	85	2396	2414	166
	son.	487	491	47	985	980	74	2443	2410	145
		F1 [u] (356)			F2 [u] (803)			F3 [u] (2428)		
[u]	okl.	352	352	29	765	751	73	2432	2439	141
	afrik.-frik.	360	354	36	832	831	49	2423	2413	124
	son.	353	353	47	803	797	57	2431	2410	121

Uz F1, F2 i F3 kratice u *Tablici 3*, u zagradama su navedene i prosječne vrijednosti za svaki vokal izračunate zanemarujući pritom različita fonetska okruženja u kojima se vokal izgovarao. Ukoliko se prosječne vrijednosti formanata (F1-F3) za svako okruženje zasebno usporede s prosječnim vrijednostima dobivenih na temelju svih fonetskih okruženja, možemo primijetiti da su kod muških govornika hrvatskoga jezika:

- u **okluzivnim okruženjima** vrijednosti:
  - F1 uglavnom niže od prosječnih vrijednosti (osim kod [o]),
  - F2 uglavnom više od prosječnih vrijednosti (osim kod stražnjih [u] i [o]),



- F3 uglavnom više od prosječnih vrijednosti (osim kod [e]);
- u **afrikatno-frikativnim okruženjima** vrijednosti:
  - F1 uglavnom niže od prosječnih vrijednosti (osim kod [u]),
  - F2 uglavnom niže od prosječnih vrijednosti (osim kod stražnjih [u] i [o]),
  - F3 niže od prosječnih vrijednosti;
- u **sonantskim okruženjima** vrijednosti:
  - F1 uglavnom više od prosječnih vrijednosti (osim kod stražnjih [u] i [o]),
  - F2 uglavnom niže od prosječnih vrijednosti (osim kod prednjega [i] i [o]),
  - F3 više od prosječnih vrijednosti.

Stevens i House (1963) iznose rezultate provedene studije u kojoj se pokazalo da frikativno i okluzivno okruženje djeluje na sniženje vrijednosti F1 (u središnjemu dijelu vokala), što je potvrđeno i ovome radu. Autori također napominju da je F2 viši kod okluzivnih okruženja, posebice kod prednjih vokala, što su potvrdili i rezultati ovoga rada. Naposljetku, autori dodaju da je F2 viši u frikativnome okruženju kod stražnjih vokala, što se također može vidjeti u *Tablici 4*.

Tablica 4. Standardna devijacija, prosječne i medijan vrijednosti prvih triju formanta (F1-F3), izražene u hercima (Hz), kod svih pet hrvatskih vokala ([a], [e], [i], [o] i [u]) u skupini ženskih govornika.

		F1 [a] (816)			F2 [a] (1370)			F3 [a] (2521)		
vokal	okruženje	M	C	SD	M	C	SD	M	C	SD
[a]	okl.	821	826	50	1390	1398	82	2520	2492	126
	afrik.-frik.	801	804	60	1364	1352	102	2494	2516	151
	son.	824	823	63	1349	1360	66	2548	2552	130
		F1 [e] (578)			F2 [e] (2107)			F3 [e] (2706)		
[e]	okl.	571	564	47	2109	2113	96	2666	2669	125
	afrik.-frik.	564	559	52	2087	2068	107	2715	2455	123
	son.	594	594	52	2122	2112	109	2730	2744	147
		F1 [i] (377)			F2 [i] (2399)			F3 [i] (2875)		
[i]	okl.	370	368	28	2405	2385	106	2892	2907	139
	afrik.-frik.	373	368	28	2377	2365	107	2821	2832	130
	son.	388	383	39	2415	2431	112	2907	2922	154
		F1 [o] (489)			F2 [o] (977)			F3 [o] (2402)		
	okl.	562	556	54	1017	971	104	2479	2496	114

[o]	afrik.-frik.	565	563	48	1043	989	68	2479	2482	66
	son.	568	491	48	1049	1044	80	2451	2451	94
		<b>F1 [u] (356)</b>			<b>F2 [u] (803)</b>			<b>F3 [u] (2428)</b>		
[u]	okl.	392	393	28	809	814	71	2585	2591	94
	afrik.-frik.	402	397	42	843	880	58	2423	2598	112
	son.	389	353	35	832	842	51	2546	2524	89

Na temelju prosječnih i centralnih vrijednosti u različitim okruženjima (okluzivnom, afrikatno-frikativnom te sonantskom) kod svih pet vokala hrvatskoga jezika, u skupini ženskih govornika (vidi *Tablicu 4*) možemo primijetiti da su:

- centralne vrijednosti formanta (F1-F3) u okluzivnim okruženjima uglavnom srednje veličine (nešto su niže vrijednosti zabilježene pri izgovoru vokala [a]),
- centralne vrijednosti formanta (F1-F3) u afrikatno-frikativnim okruženjima uglavnom najniže (najčešće kod F1),
- dok su centralne vrijednosti formanta (F1-F3) u sonornim okruženjima uglavnom najviše (uglavnom kod F2 i F3).

Iz prethodno navedenoga možemo zaključiti da su u usporedbi centralnih vrijednosti formanta u tri analizirana okruženja između dviju spolnih skupina govornika hrvatskoga jezika:

- najniže vrijednosti formanta zabilježene u obje spolne skupine u *afrikatno-frikativnom okruženju*,
- vrijednosti formanta u *okluzivnom okruženju* kod muškaraca uglavnom najviše, a kod žena uglavnom srednje veličine te da su
- vrijednosti formanta u *sonantskom okruženju* kod muškaraca uglavnom srednje veličine, a kod žena najviše.

Uz F1, F2 i F3 kratice u *Tablici 4*, u zagradama su navedene prosječne vrijednosti za svaki vokal izračunate zanemarujući pritom različita fonetska okruženja u kojima se vokal izgovara. Ukoliko se prosječne vrijednosti formanta (F1-F3) za svako okruženje zasebno usporede s prosječnim vrijednostima dobivenih na temelju svih fonetskih okruženja, možemo primijetiti da su kod ženskih govornika hrvatskoga jezika:

- u **okluzivnim okruženjima** vrijednosti:
  - F1 uglavnom niže od prosječnih vrijednosti (osim kod [a] i [o]),
  - F2 uglavnom više od prosječnih vrijednosti (osim kod [a]),
  - F3 više od prosječnih vrijednosti;
- u **afrikatno-frikativnim okruženjima** vrijednosti:
  - F1 uglavnom niže od prosječnih vrijednosti (osim kod stražnjih [u] i [o]),
  - F2 uglavnom niže od prosječnih vrijednosti (osim kod stražnjih [u] i [o]),
  - F3 uglavnom niže od prosječnih vrijednosti (osim kod [e] i [o]);
- u **sonantskom okruženjima** vrijednosti:
  - F1, F2 i F3 više od prosječnih vrijednosti kod svih vokala .

Na temelju usporedbi prosječnih vrijednosti formanta uzevši u obzir i zanemariivši različita fonetska okruženja, možemo zaključiti da među rezultatima u skupini muških i ženskih govornika hrvatskoga jezika ima dosljednosti. Drugim riječima, različita fonetska okruženja na gotovo podjednak način djeluju na formantske frekvencije i to tako da su vrijednosti formanta u obje skupine govornika uglavnom povišene u okluzivnom i sonantskom okruženju, dok su u afrikatno-frikativnom snižene.

#### **6.1.5.1. Utjecaj fonetskoga okruženja na raspršenost vrijednosti prvih triju formanta u vokalima hrvatskoga jezika**

Na temelju vrijednosti standardnih devijacija u različitim okruženjima između muških i ženskih govornika hrvatskoga jezika (vidi *Tablice 3 i 4*) moguće je iščitati nekoliko zaključaka:

- **raspršenost rezultata (SD) kod svih je vokala i u objema spolnim skupinama** najniža kod F1, viša kod F2 i najviša kod F3,
- **kod vokala [a]** u objema je spolnim skupinama najveće raspršenje rezultata zabilježeno uglavnom u afrikatno-frikativnom okruženju, a najmanje u okluzivnom,
- **kod vokala [e]** u objema je spolnim skupinama najmanje raspršenje rezultata zabilježeno uglavnom u okluzivnom okruženju, dok je kod žena najveća raspršenost u sonantskome okruženju (kod muškaraca nije primijećen obrazac najveće raspršenosti rezultata prema skupinama okruženja),
- **kod vokala [i]** najveće raspršenje rezultata kod žena zabilježeno je u okruženju sonanata, a kod muškaraca uglavnom u afrikatno-frikativnom okruženju. Najmanje je

raspršenje kod žena uglavnom u okluzivnom okruženju (kod muškaraca nije primijećen obrazac najmanje raspršenosti rezultata prema skupinama okruženja),

- **kod vokala [o]** najveće raspršenje rezultata u objema skupinama rezultata zabilježeno je u okluzivnome okruženju, dok je u skupini žena najmanja raspršenost u afrikatno-frikativnom okruženju, a kod muškaraca u sonantskome okruženju,
- **kod vokala [u]** najveće raspršenje rezultata primijećeno je kod muškaraca uglavnom u okluzivnome okruženju, a kod žena uglavnom u afrikatno-frikativnom okruženju. Najmanje je raspršenje kod žena zabilježeno uglavnom u sonantskome okruženju (kod muškaraca nije primijećen obrazac najmanje raspršenosti rezultata prema skupinama okruženja).

Na temelju prethodno iznesenih točaka, možemo zaključiti da je unutar obiju skupina (M i Ž govornici hrvatskoga jezika) najmanje raspršenje rezultata uglavnom bilo u okluzivnome okruženju, osim kod stražnjih vokala [u] i [o], gdje je bilo najveće. Najveće raspršenje formantskih vrijednosti kod prednjih vokala [e] i [i] kod žena, zabilježeno je u sonantskome okruženju. Valja također napomenuti da u skupini muških govornika, za razliku od skupine ženskih, kod tri različita vokala nije bilo moguće odrediti obrazac najmanjega raspršenja rezultata (kod vokala [i] i [u]) te najvećega (kod vokala [e]). Paillerau (2016) ističe da je F1 najstabilniji formant te da je najotporniji na koartikulacijske utjecaje. Kod svih je analiziranih govornika hrvatskoga jezika potvrđena ova teza, jer su rezultati pokazali da je raspršenje rezultata u svim vokalima i okruženjima najmanje kod F1, usporedimo li sve analizirane formante.

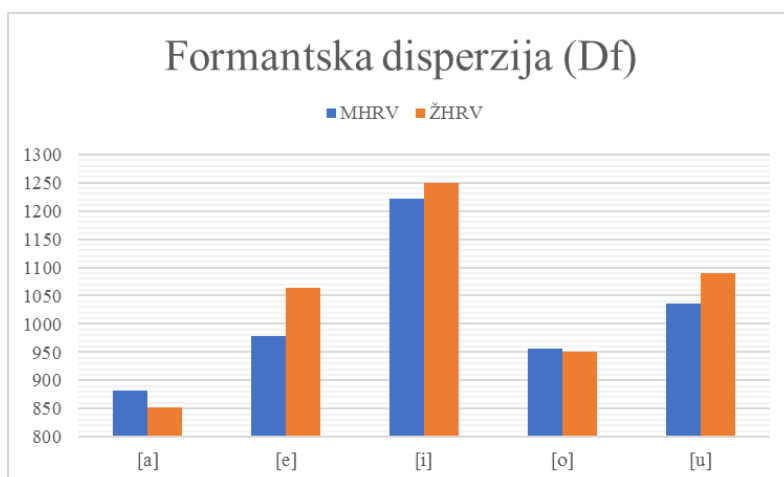
#### **6.1.6. Međuformantski odnosi - mjera formantske disperzije u hrvatskome jeziku**

S obzirom na to da je u višestrukim fonetskim radovima (Stevens & House, 1963; Alotaibi & Hussain, 2010; Harrington, 2013 itd.) istaknuta važnost tumačenja odnosa među formantima prilikom akustičkoga opisa vokala uz pomoć formantske analize, i u ovome će se radu on nastojati ispitati u vokalima hrvatskoga jezika, zasebno za muške i ženske govornike (vidi *Tablicu 5*). Odnos među formantima od podjednake je važnosti pri tumačenju i opisu prosječnih vrijednosti formantata kao i u usporedbi govornika istoga materinskoga jezika, a različitoga spola te između govornika istoga spola, a različitoga spola. Odnos među formantima predstavljen je mjerom formantske disperzije ( $D_f$ ).

Tablica 5. Prikaz prosječnih vrijednosti formantske disperzije ( $D_f$ ) kod muških i ženskih govornika hrvatskoga jezika, izražene u hercima (Hz).

	$D_f$	
	$M_{HRV}$	$\check{Z}_{HRV}$
[a]	882	853
[e]	979	1 063
[i]	1 222	1 249
[o]	956	951
[u]	1 036	1 090

Radi bolje preglednosti, razlike u formantskoj disperziji između govornika muškoga i ženskoga spola u hrvatskome jeziku prikazat će se i grafički (vidi *Sliku 6*).

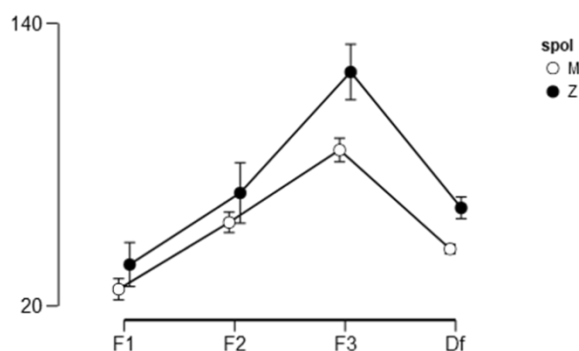


Slika 6. Prikaz prosječnih vrijednosti formantske disperzije između muških i ženskih govornika u hrvatskome jeziku.

Na temelju numeričkih vrijednosti prikazanih u *Tablici 5* i na *Slici 6* možemo primijetiti da se  $D_f$  vrijednosti ne kreću u svim vokalima u jednakom smjeru. Razvidno je da su  $D_f$  vrijednosti uglavnom više kod žena (u vokalima [e], [i] te [u]), nego kod muškaraca. Kod vokala [o] vrijednosti su vrlo blizu (razlika je u samo 4 Hz), dok je pri izgovoru vokala [a] viša  $D_f$  vrijednost utvrđena kod muškaraca. S obzirom na to da na vrijednosti formanata ne utječu samo fiziološke razlike među spolovima nego i artikulacijsko ponašanje, za pretpostaviti da je upravo kod vokala [a] i [o] izražajinja artikulacija doprinijela umanjivanju razlike između govornika različitoga spola. Neki su autori (Diehl et al., 1996) već naglašavali da se razlika u

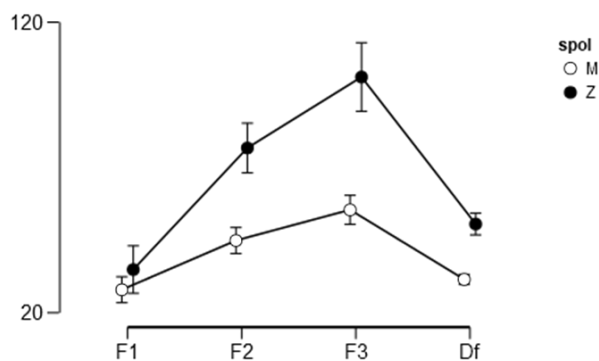
formantima pojedinih vokala (primjerice vokala [u]) ne može objasniti samo anatomijom već i time da žene više isture i zaokruže usne te na taj način više produlje trakt od muškaraca. Drugim riječima, smanjuje se razlika među spolovima koja se očekivala na temelju unaprijed očitih anatomskih razlika. Ovakva su saznanja u suprotnosti s idejama spolnoga dimorfizma (prema kojemu će i žene i muškarci dodatno naglašavati specifičnosti spola kojim su određeni). Upravo spomenuto artikulacijsko ponašanje dovodi do neuniformne skale formantata kod muškaraca i žena, o kojoj su pisali brojni autori (Fant, 1960; Goldstein, 1980; Diehlet al., 1996), koja se ogleda i u vrijednostima formantske disperzije.

Razlika između govornika muškoga i ženskoga spola hrvatskoga jezika ispitana je složenom ANOVA analizom za ponovljena mjerenja koristeći različite akustičke parametre (F1-F3 i D<sub>f</sub>) kao zavisni faktor i spol kao nezavisni faktor, dok je kao zavisna varijabla korištena mjera prosječnog apsolutnog odstupanja pri izgovoru različitih vokala. Provedenom se analizom nastojalo utvrditi variraju li govornici hrvatskoga jezika različito s obzirom na analizirane akustičke parametre (F1-F3 i D<sub>f</sub>) te variraju li ženski govornici više od muških u hrvatskome jeziku. Provedenom analizom utvrđeno je da žene značajno više variraju od muškaraca ( $F(1,79)=23.99$ ,  $p<0,01$ ) pri izgovoru vokala [a], što se može vidjeti i na *Slici 7*, te da je značajna razlika među govornicima različitoga spola potvrđena za F1 ( $t(79) = 2,884$ ,  $p < 0,01$ ), F3 ( $t(79) = 4,47$ ,  $p < 0,001$ ) i D<sub>f</sub> ( $t(79) = 4,472$ ,  $p < 0,001$ ).



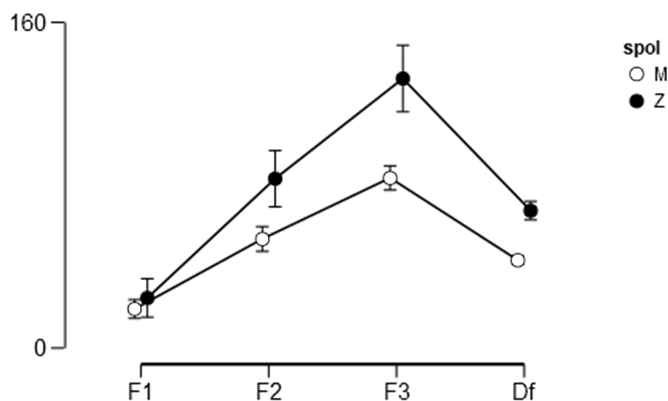
Slika 7. Prikaz značajnosti razlike između muških i ženskih govornika hrvatskoga jezika pri izgovoru vokala [a] u parametrima F1-F3 i D<sub>f</sub>.

Provedenom analizom utvrđeno je da žene značajno više variraju od muškaraca ( $F(1,79)=49.99$ ,  $p<0,01$ ) pri izgovoru vokala [e], što se može vidjeti i na *Slici 8* te da je značajna razlika među govornicima različitoga spola potvrđena za sve analizirane parametre (F1 ( $t(79)=2,88$ ,  $p<0,01$ ), F2 ( $t(79)=7,01$ ,  $p<0,001$ ), F3 ( $t(79)=5,56$ ,  $p<0,001$ ) i D<sub>f</sub> ( $t(79)=4,69$ ,  $p<0,001$ )).



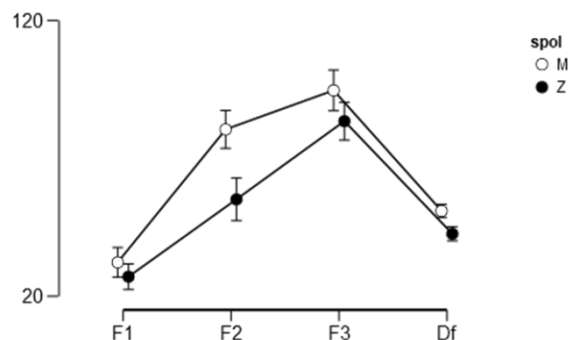
Slika 8. Prikaz značajnosti razlike između muških i ženskih govornika hrvatskoga jezika pri izgovoru vokala [e] u parametrima F1-F3 i D<sub>f</sub>.

Pri izgovoru vokala [i] provedenom analizom također je utvrđeno da žene značajno više variraju od muškaraca ( $F(1,79)=42,77$ ,  $p<0,01$ ), što se može vidjeti i na *Slici 9*, te da je značajna razlika među govornicima različitoga spola potvrđena za sve analizirane parametre (F1 ( $t(79)=2,79$ ,  $p<0,01$ ), F2 ( $t(79)=5,36$ ,  $p<0,001$ ), F3 ( $t(79)=4,68$ ,  $p<0,001$ ) i D<sub>f</sub> ( $t(79)=4,6$ ,  $p<0,001$ )).



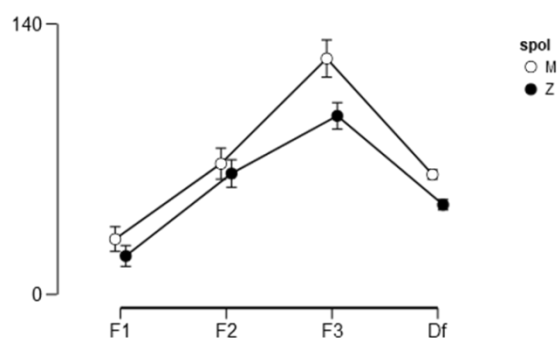
Slika 9. Prikaz značajnosti razlike između muških i ženskih govornika hrvatskoga jezika pri izgovoru vokala [i] u parametrima F1-F3 i D<sub>f</sub>.

Pri izgovoru vokala [o] provedenom analizom utvrđeno je da žene značajno manje variraju od muškaraca ( $F(1,79)=20,43$ ,  $p<0,01$ ), što se može vidjeti i na *Slici 10* te da je značajna razlika među govornicima različitoga spola potvrđena za F1 ( $t(79)=1,99$ ,  $p<0,05$ ), F2 ( $t(79)=5,29$ ,  $p<0,001$ ) te za D<sub>f</sub> mjeru ( $t(79)=2,54$ ,  $p<0,05$ ).



Slika 10. Prikaz značajnosti razlike između muških i ženskih govornika hrvatskoga jezika pri izgovoru vokala [o] u parametrima F1-F3 i D<sub>f</sub>.

Pri izgovoru vokala [u] provedenom analizom također je utvrđeno da žene značajno manje variraju od muškaraca ( $F(1,79)=20,38$ ,  $p<0,01$ ), što se može vidjeti i na *Slici 11*, te da je značajna razlika među govornicima različitoga spola potvrđena za parametre F1 ( $t(79)=3,26$ ,  $p<0,05$ ), F3 ( $t(79)=3,58$ ,  $p<0,001$ ) te za D<sub>f</sub> mjeru ( $t(79)=4,02$ ,  $p<0,001$ ).



Slika 11. Prikaz značajnosti razlike između muških i ženskih govornika hrvatskoga jezika pri izgovoru vokala [u] u parametrima F1-F3 i D<sub>f</sub>.

U *Tablici 6* prikazane su  $t$  i  $p$  vrijednosti kao i vrijednosti veličine učinka (*Cohenov d*) za svaki vokal zasebno, na temelju kojih se može zaključiti je li razlika u prosječnim vrijednostima statistički značajna<sup>81</sup>, i ako je, na temelju kojega se analiziranoga parametra govornici bolje razlikuju.

<sup>81</sup> Masno otisnutim brojkama izražene su statistički značajne razlike.



Tablica 6. Prikaz značajnosti razlike u prosječnim vrijednostima formanta (F1-F3) i D<sub>f</sub> vrijednosti između muških i ženskih govornika hrvatskoga jezika.

vokal		F1	F2	F3	D <sub>f</sub>
[a]	<i>t</i>	t(79)= -2,89	t(79)= -1,84	t(79)= -4,47	t(79)= -4,47
	<i>p</i>	<0,005	>0,05	<0,001	<0,001
	<i>Cohenov d</i>	0,65	0,41	1,003	1,003
[e]	<i>t</i>	t(79)= -2,88	t(79)= -7,01	t(79)= -5,56	t(79)= -4,67
	<i>p</i>	<0,005	<0,001	<0,001	<0,001
	<i>Cohenov d</i>	0,65	1,57	1,25	1,05
[i]	<i>t</i>	t(79)= -2,78	t(79)= -5,36	t(79)= -4,69	t(79)= -4,66
	<i>p</i>	<0,05	<0,001	<0,001	<0,001
	<i>Cohenov d</i>	0,63	1,2	1,05	1,05
[o]	<i>t</i>	t(79)= -1,99	t(79)= -5,29	t(79)= -1,73	t(79)= -2,54
	<i>p</i>	<0,05	<0,001	>0,05	<0,05
	<i>Cohenov d</i>	0,45	1,19	0,39	0,57
[u]	<i>t</i>	t(79)= -3,26	t(79)= -1,14	t(79)= -3,58	t(79)= -4,02
	<i>p</i>	<0,005	>0,05	<0,001	<0,001
	<i>Cohenov d</i>	0,73	0,26	0,8	0,9

Rezultati analize pokazali su da se u hrvatskome jeziku žene i muškarci statistički značajno razlikuju u prosječnim vrijednostima:

- F1 u svim vokalima,
- F2 u većini vokala (osim kod [a] i [u]),
- F3 u većini vokala (osim kod [o]) i
- D<sub>f</sub> u svim vokalima.

Na temelju toga možemo zaključiti da su F1 i D<sub>f</sub> snažniji faktori od F2 i F3 pri razlikovanju govornika različitoga spola u hrvatskome jeziku. Torre III i Barlow (2009) također su utvrdili da je F1 statistički značajno različit kod muškaraca i žena te da se zajedno s akustičkim parametrom F<sub>0</sub> ubraja u najučinkovitije pokazatelje razlike među govornicima različitoga spola. Veličina učinka (*Cohenov d*) odgovara nam na pitanje koja je statistički značajna

razlika veća. Drugim riječima, koji je od analiziranih faktora snažniji pokazatelj razlike između žena i muškaraca. Što su njegove vrijednosti više, to je veličina učinka snažnija. Prema tome, na temelju rezultata iz *Tablice 6* možemo zaključiti da je mjera formantske disperzije (koja ukazuje na odnose među formantima) vrlo snažan pokazatelj razlika u gotovo svim vokalima, osim kod vokala [e], gdje od svih analiziranih parametara ima najmanju veličinu učinka.

#### 6.1.7. Akustička raspršenost vokalskih sustava kod muških i ženskih govornika hrvatskoga jezika

S obzirom na to da se u brojnim inozemnim radovima navodi da je kod ženskih govornika uglavnom veća akustička raspršenost vokalskoga sustava nego kod muških (Goldstein, 1980; Diehl et al., 1996; Gordon & Heath, 1998; Hanson & Chuang, 1999 itd.), u ovome će se radu ispitati vrijedi li ista teza i za govornike hrvatskoga jezika.

Tablica 7. Prikaz raspršenja vrijednosti formantskih frekvencija (F1-F3) kod muških i ženskih govornika hrvatskoga jezika.

	<b>SD<sub>F1</sub></b>		<b>SD<sub>F2</sub></b>		<b>SD<sub>F3</sub></b>	
vokal	M	Ž	M	Ž	M	Ž
[a]	14,7	17,9	16,4	14,3	24,9	41,4
[e]	9,7	11,9	17,4	23,6	24,6	48,2
[i]	6,9	10,5	20,6	29	27,8	63,2
[o]	12,8	9,8	22,2	20,1	31,3	25,2
[u]	13	10,4	20,8	18,7	42,9	27

Na temelju vrijednosti prikazanih u *Tablici 7* možemo zaključiti da deskriptivne vrijednosti raspršenja formantskih vrijednosti formantata u hrvatskome jeziku ukazuju na:

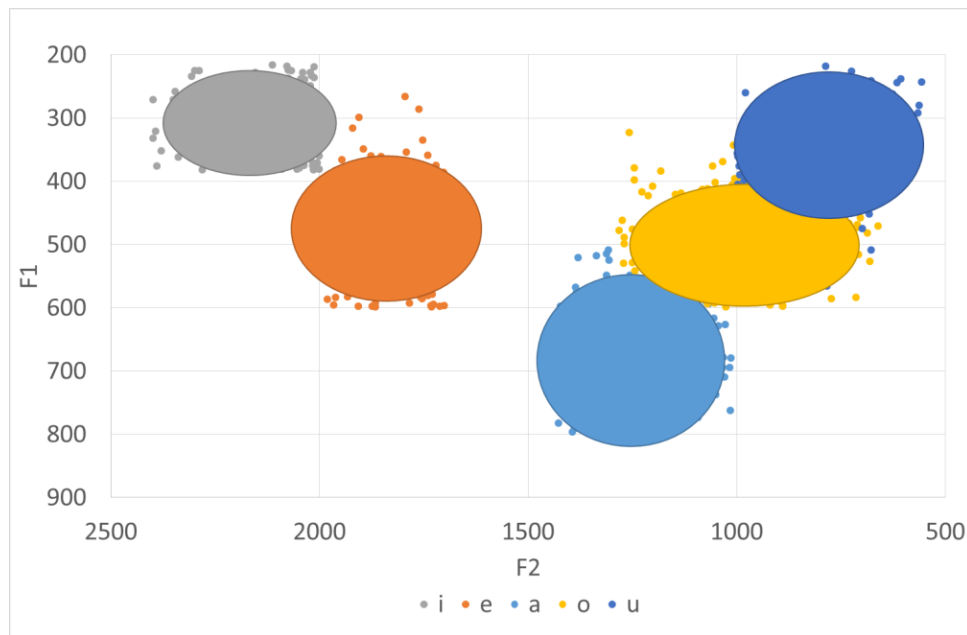
- veću raspršenost kod ženskih govornika u vrijednostima F1, F2 i F3 kod vokala [a], [e] te [i] (osim kod F2 u vokalu [a]) te
- veću raspršenost kod muških govornika u vrijednostima F1, F2 i F3 kod stražnjih vokala [o] i [u].

Rezultati također ukazuju na najveće raspršenje F1 vrijednosti kod obaju spolnih skupina pri izgovoru vokala [a], na temelju čega možemo zaključiti da se prema stupnju otvorenosti

govornici najviše razlikuju kod vokala [a]. Škarić (1991) i Varošanec-Škarić (2010) u svojim su sociofonetskim radovima pokazali da je izgovor vokala razlikovniji od konsonanata te da je vokal [a] među vokalima hrvatskoga jezika najrazlikovniji, kako prema obilježju otvorenosti/zatvorenosti, tako i prema obilježju prednjosti/stražnjosti (od kojih potonja u ovome radu nije utvrđena). Stevens i House (1963) u svome radu obrazlažu da je pri izgovoru vokala [a] koartikulacijski utjecaj susjednih glasnika najsnažniji (u usporedbi s drugim vokalima) jer je njegova artikulacija najmanje stabilna. Carović (2014) je u svojoj disertaciji također potvrdila da je najveća varijabilnost izgovora prisutna kod vokala [a].

Najveće raspršenje F2 vrijednosti kod muškaraca je utvrđeno pri izgovoru zaokruženoga vokala [o], a kod žena pri izgovoru vokala [i]. Stevens i House (1963) također navode da su raspršenja drugoga formanta uobičajeno najviša pri izgovoru zaokruženih vokala, što je u ovome radu potvrđeno samo kod muških govornika. Raspršenje vrijednosti F3 najveće je kod muškaraca pri izgovoru zaokruženoga vokala [u], a kod žena pri izgovoru prednjega vokala [i].

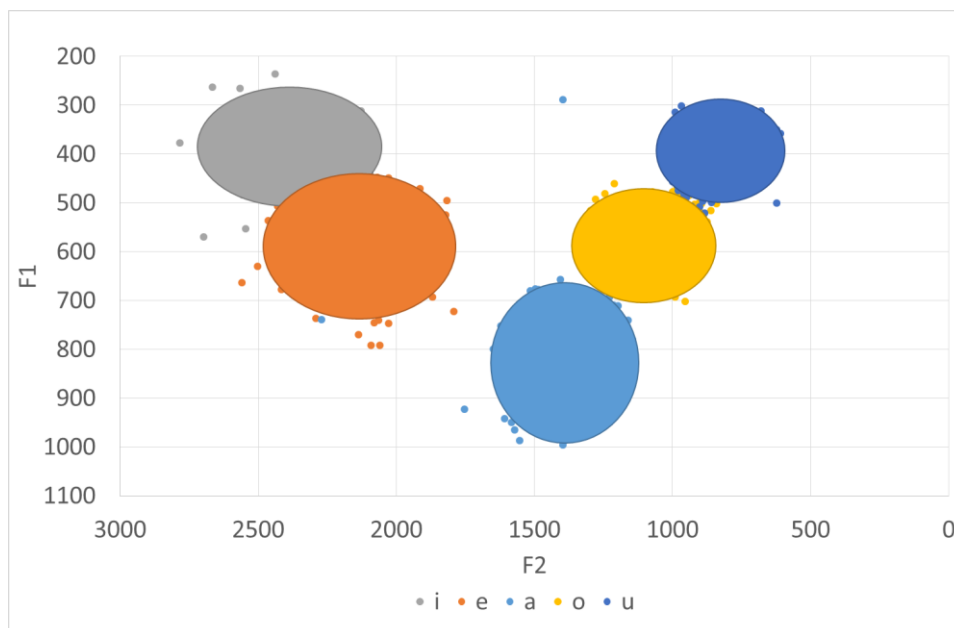
Akustička raspršenost vokalskih sustava vrlo se često u fonetskim radovima prikazuje u obliku tzv. *plot* prikaza u kojima se raspršenost frekvencijskih vrijednosti F1 i F2 prikazuje zasebno za svaki vokal i spol. Pojedinačne vrijednosti formanta uglavnom se ne prikazuju zbog lošije preglednosti, tj. prevelikoga broja pojedinačnih rezultata. Uobičajeno je da se sve vrijednosti F1 i F2 na razini pojedinoga vokala udruže pod oblikom elipse ili kruga, ovisno o raspršenju rezultata. Isti prikaz rezultata primijenit će se i na vrijednosti formanta u ovome radu.



Slika 12. Akustička raspršenost vokalskoga sustava kod muških govornika hrvatskoga jezika na temelju vrijednosti F1 i F2.

Na *Slici 12* sve su vrijednosti prvoga i drugoga formanta okupljene pod kružnim ili elipsastim oblikom. Prilikom tumačenja raspršenja rezultata u prikazima ovoga tipa valjalo bi istaknuti da se raspršenje rezultata tumači s obzirom na površinu kruga ili elipse kojima su predstavljeni pojedini vokali. Ako je F1 raspršenje veće nego F2, tada je elipsa položena vertikalno, a ako je F2 raspršenje veće od F1, tada je položena horizontalno. U slučaju da su SD vrijednosti kod F1 i F2 vrlo blizu, vrijednosti će biti okupljene više kružno nego elipsasto. Pojedinačne vrijednosti formanta koje znatnije odstupaju od većine rezultata nalaze se izvan elipse, odnosno kruga.

Usporedimo li SD vrijednosti kod muških govornika hrvatskoga jezika s prikazom akustičkoga raspršenja na *Slici 12*, možemo primijetiti da su vrijednosti raspršenja vokala [a] kružnoga oblika jer su SD vrijednosti prvoga i drugoga formanta vrlo blizu. S obzirom na to da su SD vrijednosti drugoga formanta kod svih vokala više od SD vrijednosti prvoga te da je njihova razlika veća kod vokala [e], [i], [o] i [u], na slici pretežu elipsasti oblici raspršenja koji su horizontalno položeni. Na slici se također vidi da kod vokala [a] i [o] dolazi do blagog preklapanja raspršenosti, a kod vokala [o] i [u] do nešto većega.



Slika 13. Akustička raspršenost vokalskoga sustava kod ženskih govornika hrvatskoga jezika na temelju vrijednosti F1 i F2.

Usporedimo li SD vrijednosti kod ženskih govornika hrvatskoga jezika s prikazom akustičkoga raspršenja na *Slici 13* možemo primijetiti da su vrijednosti raspršenja vokala [a] manje elipsastoga, a više kružnoga oblika u odnosu na druge vokale, jer su SD vrijednosti prvoga i drugoga formanta vrlo blizu. S obzirom na to da su SD vrijednosti drugoga formanta kod svih vokala više od SD vrijednosti prvoga te da je njihova razlika veća kod vokala [e], [i], [o] i [u], na slici pretežu elipsasti oblici raspršenja koji su horizontalno položeni. Za razliku od raspršenja vrijednosti formanta kod muških govornika, kod ženskih glasova možemo vidjeti da kod vokala [a], [o] i [u] ne dolazi do preklapanja, što je primjerice slučaj kod prednjih vokala [e] i [i].

Usporedbom prikaza akustičke raspršenosti vokalskoga sustava kod muških i ženskih govornika hrvatskoga jezika na temelju F1 i F2 vrijednosti možemo primijetiti da je raspršenost vrijednosti formanta veća kod ženskih govornika u vokalima [a], [e] i [i], dok je kod muškaraca veća u stražnjih vokala [o] i [u], na što nam ukazuje i površina elipsastih i kružnih oblika kojima su predstavljene pojedinačne F1 i F2 vrijednosti. Elipsasti oblici prisutni kod žena, odraz su veće akustičke raspršenosti formantskih sustava, odnosno perifernijeg vokalskog sustava. Istu izgovornu tendenciju također su potvrdili Gordon i Heath (1998) te Hanson i Chuang (1999), kod kojih je kao i u ovome radu zabilježeno veće raspršenje rezultata u vrijednostima formanta kod žena u svim vokalima, osim kod stražnjih [u] i [o]. Drugim riječima, muškarci su više okupljeni oko prosječnih referentnih vrijednosti i

kod njih je varijabilnost rezultata manja nego kod žena. Varošaneć-Škarić (u tisku) je sve vokale hrvatskoga jezika za muške i ženske glasove, čiji je izgovor procijenjen kao standardan, prikazala u zajedničkoj vokalskoj mapi (F1 x F2). Za pretpostaviti je da u artikulacijskoj podlozi ovih rezultata ne stoje samo spolne razlike u duljini vokalnoga trakta i/ili duljini epilaringalne cjevčice. Kao što Varošaneć-Škarić (2005) navodi, muškarci imaju 9,55% dulji vokalni trakt od žena, međutim, taj se odnos ne može preslikati na razlike u vrijednostima formantata. Autorica ističe da očigledno na spolne razlike u vrijednostima formantata snažno utječe i odnos između rezonantnih šupljina u vokalnome traktu, tj. supraglotički čimbenici. Također valja istaknuti da rezonantne šupljine ne bismo trebali sagledati kao jedinstvenu cjelinu, jer se pokazao da je upravo odnos gornjih i donjih rezonantnih šupljina različit među spolovima. Naime, muškarci imaju uglavnom veći obujam svih rezonantnih šupljina u izgovornome prolazu, međutim, donji dio vokalnoga trakta kod njih znatno je varijabilniji nego kod žena (Varošaneć-Škarić, 2005). Tome u prilog idu i rezultati ovoga rada (prema kojima je veće raspršenje rezultata zabilježeno kod muškaraca pri izgovoru stražnjih vokala), koji su potvrda prethodnih teorijskih i istraživačkih pretpostavki spomenutih autora (Gordon & Heath, 1998; Hanson & Chuang, 1999; Varošaneć-Škarić, 2005).

#### **6.1.8. Deskriptivne vrijednosti formantskih frekvencija kod muških govornika srpskoga jezika**

Nakon što je u prvim poglavljima rezultata opisana formantska analiza u hrvatskome jeziku, u ovim će poglavljima biti opisan vokalski sustav srpskoga jezika, također na temelju formantske analize. Za te potrebe utvrđene su referentne vrijednosti formantskih frekvencija za vokale srpskoga jezika, zasebno za muškarce i žene. Nakon preciznih mjerenja i višestrukih provjera ukupno je dobiveno 150 frekvencijskih vrijednosti (10 okruženja za svih pet vokala) po svakome govorniku ( $N_m=46$ ;  $N_z=35$ ) za prvi, drugi i treći formant. Na temelju toga, dolazimo do ukupnoga broja od 6 900 izmjerenih vrijednosti za muške govornike te 5 250 vrijednosti za ženske govornike srpskoga jezika.

Prosječne referentne vrijednosti za govornike obiju spolnih skupina dobivene su uprosječivanjem pojedinačnih vrijednosti zasebno za svaki vokal, svaki formant (F1-F3) te svaku spolnu skupinu. Osim prosječnih vrijednosti formantskih frekvencija, izračunate su i sljedeće deskriptivne statističke mjere: minimalna i maksimalna vrijednost, standardna devijacija te medijan.

Tablica 8. Prosječne, medijan, minimalne, maksimalne i SD vrijednosti prvih triju formanata kod muških govornika srpskoga jezika pri izgovoru vokala [a], [e], [i], [o] i [u] izražene u hercima (Hz).

	Hz	F1	F2	F3
[a]	M	630	1 221	2 477
	C	622	1 215	2 473
	Min	541	1 115	2 312
	Maks	738	1 317	2 624
	SD	9,4	19	21,5
[e]	M	486	1 719	2 499
	C	486	1 726	2 489
	Min	407	1 582	2 285
	Maks	541	1 843	2 691
	SD	10,1	30	33,2
[i]	M	325	2 054	2 690
	C	324	2 053	2 684
	Min	274	1 834	2 422
	Maks	386	2 244	2 891
	SD	7,9	29,3	36,5
[o]	M	537	1 006	2 456
	C	543	1 004	2 438
	Min	446	867	2 152
	Maks	648	1 114	2 745
	SD	11,9	27,9	40,8
[u]	M	401	864	2 552
	C	395	862	2 551
	Min	336	775	2 279
	Maks	505	945	2 782
	SD	11,2	19,3	45,6

Iz *Tablice 8* vidljivo je da su vrijednosti prvoga formanta najniže pri izgovoru vokala [i], a najviše kod vokala [a], kao i u hrvatskome jeziku. Najniže vrijednosti drugoga formanta izmjerene su kod vokala [u], a najviše pri izgovoru vokala [i]. Kod trećega su formanta također zabilježene najviše vrijednosti pri izgovoru vokala [i], dok su najniže izmjerene kod vokala [o]. Navedena kretanja frekvencija prvih triju formanata u vokalskome sustavu srpskoga jezika potvrđena su u većini prethodnih istraživanja s tim istraživačkim pitanjem (Jovičić, 1999; Marković, 2007; 2009; Sudimac, 2016).

Usporedbom prosječnih vrijednosti formanata (M vrijednosti) s medijan vrijednostima formanata (C vrijednosti) kod muških govornika srpskoga jezika možemo vidjeti da su razlike između navedenih vrijednosti uglavnom vrlo male, što nam govori o malom broju ekstremnih

sirovih vrijednosti u rezultatima. Tako je primjerice kod F1 u vokalu [e] zabilježena identična M i C vrijednost, dok je kod F3 u vokalima [e] i [o] zabilježena razlika od 10 Hz i 18 Hz, koju možemo zvati nešto većim odstupanjem M od C vrijednosti.

Obilježja otvorenosti i zatvorenosti, koja povezujemo s kretanjima vrijednosti prvoga formanta, u srpskome su jeziku kod muških govornika pokazala da je vokal [a] najotvoreniji vokal (s najvišim F1 vrijednostima), nakon kojega slijede vokali [o] i [e] kao poluzatvoreni, potom vokal [u] i naposljetku vokal [i] s najnižim vrijednostima F1, što ga čini najzatvorenijim vokalom u srpskome jeziku. U hrvatskome je jeziku, kod govornika obaju spolova sličan redoslijed vokala prema obilježju otvorenosti i zatvorenosti. Jedina se razlika sastoji u obilježjima vokala [o] i [e], od kojih je vokal [e] u hrvatskome zatvoreniji od vokala [o] kod ženskih govornica, a kod muških je utvrđen jednak stupanj otvorenosti/zatvorenosti, dok je u srpskome obratno.

Kretanja vrijednosti drugoga formanta odredila su stupanj prednjosti i stražnjosti vokala u srpskome jeziku na sljedeći način: vokal [i] određen je kao najpredniji, nakon kojega slijede vokali [e], [a], [o] i [u] sa sve nižim F2 vrijednostima. Podjednak raspored vokala prema obilježju otvorenosti/zatvorenosti utvrđen je i kod govornika obaju spolova u hrvatskome jeziku.

Na temelju minimalnih i maksimalnih pojedinačnih vrijednosti F1, F2 i F3 u vokalima [a], [e], [i], [o] i [u], prikazanih u *Tablici 8*, možemo primijetiti da se one kreću:

- oko 100 Hz više ili niže od prosječnih vrijednosti prvoga formanta kod svih vokala,
- oko 150 Hz više ili niže od prosječnih vrijednosti drugoga formanta kod svih vokala osim kod stražnjih [u] i [o] kod kojih je nešto manja frekvencijska udaljenost minimalnih i maksimalnih vrijednosti od prosječne vrijednosti F2 te
- oko 250 Hz više ili niže od prosječnih vrijednosti trećega formanta kod vokala [e], [i] i [u], dok je kod vokala [o] udaljenost nešto veća (oko 300 Hz), a kod vokala [a] najmanja (oko 5 Hz).

Osvrnemo li se na vrijednosti raspršenja rezultata (SD) prikazanih u *Tablici 8*, možemo zamijetiti da je kod svih vokala najmanja disperzija zabilježena kod F1, nešto veća kod F2 i najveća kod F3. Sagledaju li se rezultati u okviru različitih vokala, jasno je vidljivo da je najmanje raspršenje utvrđeno uglavnom kod središnjega vokala [a] (kod vokala [i] za F1 te kod vokala [a] za F2 i F3), dok je najveće raspršenje zabilježeno uglavnom kod stražnjih



vokala [kod vokala [o] za F1, vokala [e] za F2 i vokala [u] za F3). Prema teoriji artikulacijske angažiranosti (Recasens et al., 1997) za očekivati je da će zatvoreni vokali biti manje varijabilni od otvoreni vokala, što je u rezultatima ovoga rada djelomično potvrđeno.

#### **6.1.9. Usporedba deskriptivnih mjera formantske analize kod muških govornika srpskoga jezika s prethodnim istraživanjima**

S obzirom na to da se većina prijašnjih istraživanja na temu formantskih frekvencija u srpskome jeziku metodološki bitno razlikuje od ovoga (u govornome materijalu, broju ispitanika, svrstavanju muških i ženskih govornika u istu skupinu, obradi podataka, metodi mjerenja itd.) većina će se rezultata opisno usporediti, bez statističke provjere (koja bi u tom slučaju bila neopravdana). Iako je u poglavlju 3.2. (*Istraživanje formantskih frekvencija u srpskome jeziku*) naveden veći broj radova, u ovome će se poglavlju obraditi samo oni radovi u kojima su iznesene numeričke vrijednosti formanata ili slikovni prikazi vrijednosti koje se mogu otprilike procijeniti.

##### *Vokal [a]*

Pri izgovoru vokala [a] kod muških govornika srpskoga jezika, vrijednosti prvoga formanta kreću se u rasponu od 630 Hz (rezultati iz ovoga rada) do 775 Hz (Ivić & Lehist, 1967<sup>82</sup>). Vrijednosti dobiveni u ovome radu najbliži su vrijednostima od 633 Hz (Varošaneć-Škarić et al, 2017) te vrijednosti od 684 Hz, koju iznosi Gudurić (2004), dok su kod preostalih autora vrijednosti nešto više.

Vrijednosti drugoga formanta kod većine su autora okupljene oko 1 200 Hz (Ivić & Lehist, 1996; Randelović & Jovičić, 1997; Gudurić, 2004; Varošaneć-Škarić et al, 2017) kao i u ovome radu, dok su kod ostalih autora nešto viših vrijednosti (Ivić & Lehist, 1967; Marković & Bjelaković, 2006; 2007; 2008; 2012a; Sudimac, 2016a<sup>83</sup>). Očekivano, najviše vrijednosti svih formanata iznosi Sudimac (2016a) što ne čudi s obzirom na to da su govornici bili adolescenti. Najniže vrijednosti grafički prikazuje Jovičić (1999) i nalaze se nešto niže od 1

---

<sup>82</sup> Sirove vrijednosti navedene u radovima Ivić i Lehist (1967; 1996) te prosječne vrijednosti kod Gudurić (2004), Marković i Bjelaković, 2006; 2009, Marković (2012a; 2012b) te Sudimac (2016a; 2016b), uprosječene su za svaki vokal, bez obzira na kvalitativno ili kvantitativno obilježje naglaska. Na taj način, rezultati su se mogli tumačiti s rezultatima većine istraživanja u hrvatskome i srpskome jeziku. Marković (2006) napominje da u vokalskom sustavu srpskoga jezika dolazi do razdvajanja vokala [e] i [o] pod dugim i kratkim naglaskom, dok kod drugih vokala nije utvrđena ista pojava centralizacije kratkih vokala u odnosu na duge. Rezultati formantske analize u potonjem radu nisu statistički provjereni.

<sup>83</sup> Sudimac (2016a) je u svome radu analizirala više regionalnih varijeteta srpskoga jezika (npr. subotički, kruševački, niški, beogradski itd.) od kojih su preuzete samo vrijednosti beogradskoga govora, zato što je većina govornika srpskoga jezika analiziranih za potrebe ovoga rada iz šire okolice Beograda.

000 Hz. Vrijednosti F3 kod vokala [a] uglavnom su okupljene oko vrijednosti od 2 400 Hz, osim kod Sudimac (2016a), koja navodi najviše vrijednosti (2 665 Hz) te Gudurić (2004) s vrijednosti od 2 505 Hz.

#### *Vokal [e]*

Pri izgovoru vokala [e] kod muških govornika srpskoga jezika, vrijednosti prvoga formanta nalaze se u rasponu od najnižih 365 Hz (Gudurić, 2004) do 563 Hz (Sudimac, 2016a). Vrijednosti dobivene u ovome radu iznose 486 Hz otprilike su podjednako udaljene od najniže i najviše vrijednosti zabilježene u prethodnim radovima, a najbliža je vrijednosti od 489 Hz, koju iznose Varošaneć-Škarić i suradnice (2007).

Vrijednosti drugoga formanta kod većine su autora okupljene oko 1 900 Hz (Ivić & Lehiste, 1996; Randelović & Jovičić, 1997; Gudurić, 2004; Marković & Bjelaković, 2006; 2007; 2008; 2012a, 2012b). Najniže su vrijednosti zabilježene u ovome radu i vrlo su blizu rezultatima Jovičića (1999) te Varošaneć-Škarić i suradnica (2017), što može uputiti na izgovor manje prednjosti. Očekivano, Sudimac (2016a) iznova donosi najviše vrijednosti drugoga formanta (2 511 Hz) koje su bliže vrijednostima trećega, a ne drugoga formanta. Vrijednosti F3 kod vokala [e] okupljene su u rasponu od 2 400 Hz do 2 932 Hz. Rezultati dobiveni u ovome radu (2 499 Hz) najbliže su vrijednosti od 2 475 Hz, koju iznose Randelović i Jovičić (1997).

#### *Vokal [i]*

Pri izgovoru vokala [i] kod muških govornika srpskoga jezika, vrijednosti prvoga formanta grupiraju se oko vrijednosti od 300 Hz, osim kod Ivić i Lehiste (1967), Jovičića (1999) te Sudimac (2016a, 2016b<sup>84</sup>), koji navode više vrijednosti F1. Najniže vrijednosti zabilježene su kod Ivić i Lehiste (1996) i iznose 250 Hz. Vrijednost prvoga formanta pri izgovoru vokala [i] kod muških govornika dobivena u ovome radu u okviru je većine dosadašnjih istraživanja i iznosi 325 Hz, a najbliža je vrijednost od 322 Hz, koju navode Varošaneć-Škarić i suradnice (2017). Vrijednosti drugoga formanta kod nekih su autora okupljene oko 2 100 Hz (Ivić & Lehiste, 1967; Randelović & Jovičić, 1997; Jovičić, 1999; Gudurić, 2004; Varošaneć-Škarić

---

<sup>84</sup> Sudimac (2016b) je u svome istraživanje snimila adolescente u starosti od 14 do 15 godina, što svakako valja uzeti u obzir prilikom tumačenja rezultata. Osim što je općenito vrlo poznato da je kod adolescenata glas vrlo nestabilan te da je pod hormonalnim utjecajem, kao i ostatak tijela, vrlo je neobično da uzorak čine samo adolescenti i da upravo oni predstavljaju odraslu skupinu govornika na temelju čijih se vrijednosti formanata tumači izgovor vokala u analiziranim jezicima. Uobičajena je analiza dječjega govora te govora odraslih i starijih govornika, obaju spolova, dok se adolescenti uglavnom izostavljaju iz svih uzoraka zbog glasovnih promjena koje su sastavni dio adolescentskoga govora (osim ako cilj rada nije opis glasa u pubertetskome razdoblju).

et al, 2017), dok su kod preostalih autora na nešto višim vrijednostima (Ivić & Lehiste, 1996; Marković & Bjelaković, 2006; 2007; 2008; 2012a; Sudimac, 2016a; 2016b). Očekivano, Sudimac (2016a, 2016b) iznova donosi najviše vrijednosti drugoga formanta. Vrijednost dobivena u ovome radu (2 054 Hz) najbliža je vrijednostima koje iznose Gudurić (2004) te Varošaneć-Škarić i suradnice (2017). Vrijednosti su F3 kod vokala [e] nešto raspršenije u usporedbi prethodnih istraživanja i kreću se u rasponu od 2 690 Hz do 3 038 Hz . Najniže su vrijednosti F3 zabilježene u ovome radu i kod Jovičića (1999), a najviše vrijednosti navodi Sudimac (2016a, 2016b).

#### *Vokal [o]*

Vrijednosti F1 pri izgovoru vokala [o] kreću se u rasponu od najnižih 381 Hz (Gudurić, 2004) do najviših 550 Hz (Ivić & Lehiste, 1996). Vrijednost dobivena u ovome radu (537 Hz) najbliža je vrijednosti od 542 Hz, koju navodi Marković (2012). Rezultati recentnijih istraživanja mogu ukazivati na manje stražnji izgovor vokala [o] jer su vrijednosti F2 nešto više u usporedbi sa starijim radovima (Ivić & Lehiste, 1967; 1996; Randelović & Jovičić, 1997). Raspon prosječnih frekvencija F2 kreće se od 836 Hz (Randelović & Jovičić, 1997) do najviše vrijednosti od neuobičajenih 1 417 Hz (Gudurić, 2004). Vrijednosti dobivene u ovome istraživanju iznose 1 006 Hz i najbliže su vrijednosti od 1 004 Hz, koju navode u svojim radovima Marković i Bjelaković (2006; 2007; 2008; 2012a).

Većina vrijednosti F3 kod vokala [o] okupljena je oko 2 400 Hz (s manjim odstupanjima), osim kod Sudimac (2016a) koja vodi najvišu vrijednost (2 800 Hz) te Gudurić (2004), kod koje je zabilježena najviša vrijednost (2 235 Hz).

#### *Vokal [u]*

Vrijednosti F1 za vokal [u] kretao se u prijašnjim istraživanjima od najnižih 315 Hz (Gudurić, 2004) do najviših 432 Hz, koje iznova navodi Sudimac (2016b). Vrijednosti dobivene u ovome radu iznose 401 Hz i najbliže su vrijednosti od 391 Hz, koju navode Varošaneć-Škarić i suradnice (2017) Hz. Vrijednosti drugoga formanta uglavnom se u starijim radovima kreću oko 750 Hz (Ivić & Lehiste, 1967; 1996; Randelović & Jovičić, 1997; Gudurić, 2004; Marković & Bjelaković, 2006; 2007; 2008; 2012a), dok su u novijim radovima nešto više. Najvišu vrijednost od 1 240 Hz navodi Sudimac (2016a), a vrijednost zabilježena u ovome istraživanju (864 Hz) najbliža je vrijednosti od 882 Hz, koju Varošaneć-Škarić i suradnice (2017).

Recentnija istraživanja i rezultati u ovome istraživanju mogu ukazivati na manji stupanj zaokruženosti i isturenosti usana pri izgovoru vokala [u] jer su vrijednosti F3 nešto više (oko 2 500 Hz) u usporedbi sa starijim radovima (Ivić & Lehiste, 1967; 1996; Randelović & Jovičić, 1997; Gudurić, 2004), gdje se vrijednosti F3 kreću oko 2 300 Hz.

#### 6.1.10. Deskriptivne vrijednosti formantskih frekvencija kod ženskih govornika srpskoga jezika

Nakon opisa formantskih frekvencija kod muških govornika srpskoga jezika, u ovom će se poglavlju opisati formanti kod ženskih govornika srpskoga jezika. Prosječne referentne vrijednosti formanta dobivene su uprosječivanjem pojedinačnih vrijednosti zasebno za svaki vokal i svaki formant (F1-F3) unutar skupine žena. Osim prosječnih vrijednosti formantskih frekvencija, izračunate su i sljedeće deskriptivne statističke mjere: minimalna i maksimalna vrijednost, standardna devijacija te medijan.

Tablica 9. Prosječne, medijan, minimalne, maksimalne i SD vrijednosti prvih triju formanta kod ženskih govornika srpskoga jezika pri izgovoru vokala [a], [e], [i], [o] i [u] izražene u hercima (Hz).

	Hz	F1	F2	F3
[a]	M	817	1 391	2 680
	C	814	1 393	2 682
	Min	744	1 288	2 496
	Maks	941	1 512	2 851
	SD	19,6	16,4	23,6
[e]	M	632	2 002	2 846
	C	634	2 014	2 831
	Min	581	1 813	2 665
	Maks	744	2 214	3 008
	SD	19,7	38	24,7
[i]	M	378	2 472	3 336
	C	378	2 467	3 356
	Min	321	2 390	3 138
	Maks	447	2 584	2 506
	SD	12	23,7	25,8
[o]	M	631	1 063	2 607
	C	634	1 053	2 601
	Min	560	998	2 448
	Maks	726	1 127	2 772
	SD	14,8	12	30,9
	M	431	919	2 685
	C	429	914	2 672

<b>[u]</b>	Min	365	778	2 502
	Maks	488	1 084	2 824
	SD	9,9	20,6	38,7

Iz *Tablice 9* vidljivo je da su vrijednosti prvoga formanta najniže pri izgovoru vokala [i], a najviše kod vokala [a], kao kod muških govornika srpskoga jezika te muškaraca i žena u hrvatskome jeziku. Najniže vrijednosti drugoga formanta izmjerene su kod vokala [u], a najviše pri izgovoru vokala [i]. Kod trećega su formanta također zabilježene najviše vrijednosti pri izgovoru vokala [i], dok su najniže izmjerene kod vokala [o]. Navedena kretanja frekvencija prvih triju formanta u vokalskome sustavu srpskoga jezika potvrđena su u većini prethodnih istraživanja s tim istraživačkim pitanjem (Jovičić, 1999; Marković i Bjelaković, 2007; Marković, 2009; Sudimac, 2016).

Usporedbom prosječnih vrijednosti formanta (M vrijednosti) s medijan vrijednostima formanta (C vrijednosti) kod ženskih govornika srpskoga jezika možemo vidjeti da su razlike između navedenih vrijednosti nešto veće nego kod muških govornika, što nam ujedno govori o većem i češćem broju ekstremnih sirovih vrijednosti u rezultatima. Kod F1 pri izgovoru vokala [i] zabilježene su identične M i C vrijednost, dok je kod F2 u vokalima [e] i [o] te kod F3 u vokalima [e], [i] te [u] zabilježena razlika veća od 10 Hz, koju možemo zvati nešto većim odstupanjem prosječne vrijednosti od medijana.

Obilježja otvorenosti i zatvorenosti, kojima opisujemo vokale na temelju kretanja vrijednosti prvoga formanta, u srpskome su jeziku kod ženskih govornika pokazala da je vokal [a] najotvoreniji vokal (s najvišim F1 vrijednostima), nakon kojega slijede vokali [e] i [o] kao poluzatvoreni i s gotovo podjednakim prosječnim vrijednostima F1, potom vokal [u] i naposljetku vokal [i] s najnižim vrijednostima F1, što ga čini najzatvorenijim vokalom u srpskome jeziku. U hrvatskome je jeziku, kod govornika obaju spolova sličan redoslijed vokala prema obilježju otvorenosti i zatvorenosti. Jedina se razlika sastoji u obilježjima vokala [o] i [e], od kojih je vokal [e] u hrvatskome zatvoreniji od vokala [o] kod ženskih govornica, a kod muških je utvrđen jednak stupanj otvorenosti/zatvorenosti, dok je u srpskome obratno kod muških govornika.

Kretanja vrijednosti drugoga formanta odredila su stupanj prednosti i stražnosti vokala u srpskome jeziku na sljedeći način: vokal [i] određen je kao najpredniji, nakon kojega slijede

vokali [e], [a], [o] i [u] sa sve nižim F2 vrijednostima. Podjednak raspored vokala prema obilježju otvorenosti/zatvorenosti utvrđen je i kod muških govornika u srpskome jeziku te kod obaju spolova u hrvatskome jeziku.

Na temelju minimalnih i maksimalnih pojedinačnih vrijednosti F1, F2 i F3 u vokalima [a], [e], [i], [o] i [u], prikazanih u *Tablici 9*, možemo primijetiti da se one kreću:

- oko 100 Hz više ili niže od prosječnih vrijednosti prvoga formanta kod svih vokala,
- oko 150 Hz više ili niže od prosječnih vrijednosti drugoga formanta kod svih vokala osim kod stražnjih [u] i [o] kod kojih je nešto manja frekvencijska udaljenost minimalnih i maksimalnih vrijednosti od prosječne vrijednosti F2 (pogotovo kod [o]) te
- oko 200 Hz više ili niže od prosječnih vrijednosti trećega formanta kod vokala [a], [e] te [i], dok je kod stražnjih vokala udaljenost nešto manja (oko 150 Hz).

Promotrimo li vrijednosti raspršenja rezultata formanta u skupini ženskih govornika srpskoga jezika, možemo zamijetiti da ona nisu istovjetna s rezultatima u prethodne tri skupine govornika (muški i ženski govornici hrvatskoga te muški govornici srpskoga jezika). Naime, u ovoj je skupini samo kod vokala [i] i [u] raspršenje rezultata raslo prema višim formantima (F1 najmanje raspršenje, F2 veće i F3 najveće). Kod vokala [e], [i] i [o] raspršenje je bilo najmanje za prvi formant, dok je kod [a] i [o] ono bilo najmanje kod F2. Vokal [e] jedini je vokal u kojem je utvrđeno manje raspršenje F3, negoli kod F2.

#### **6.1.11. Usporedba deskriptivnih mjera formantske analize kod muških govornika srpskoga jezika s prethodnim istraživanjima**

Kao što je već spomenuto u prethodnim poglavljima, rezultati dobiveni u ovome istraživanju opisno će se komentirati bez statističke provjere, zbog značajnijih metodoloških razlika. Iako je u poglavlju 3.2. (*Istraživanje formantskih frekvencija u srpskome jeziku*) naveden veći broj radova, u ovom će se poglavlju obraditi samo oni radovi u kojima su iznesene numeričke vrijednosti formanta ili slikovni prikazi iz kojih je moguće preciznije odrediti vrijednosti formanta.

##### *Vokal [a]*

Pri izgovoru vokala [a] kod ženskih govornika srpskoga jezika, vrijednosti prvoga formanta kreću se u rasponu od 750 Hz (Sudimac, 2016a) do 926 Hz (Marković, 2012a). Vrijednost F1 utvrđena u ovome istraživanju iznosi 817 Hz i najbliža je vrijednosti od 788 Hz koju navodi

Gudurić (2004)<sup>85</sup>. Vrijednosti drugoga formanta kod više su autora okupljene oko 1 400 Hz (Jovičić, 1999; Marković, 2012a; Marković i Bjelaković, 2006; 2007; 2008; 2012b), a slična je vrijednost za F2 utvrđena i u ovome radu (1 391 Hz). Najniža vrijednost od 1 250 Hz zabilježena je kod Ivić i Lehiste (1996), a najviša kod Sudimac (2016a) te Ivić i Lehiste (1967). Vrijednosti F3 kod vokala [a] kod većine su autora u rasponu od 2 650 Hz do 2 740 Hz, osim kod Ivić i Lehiste (1996) koji navode najnižu vrijednost od 2 475 Hz. Vrijednost utvrđena u ovome istraživanju (2 680 Hz) najbliža je vrijednosti od 2 665 Hz, koju navodi Sudimac (2016a).

#### *Vokal [e]*

Pri izgovoru vokala [e] kod ženskih govornika srpskoga jezika, vrijednosti prvoga formanta kreću se od najnižih 417 Hz koje navodi Gudurić (2004) do najviših 632 Hz, dobivenih u ovome radu. Rezultati iz ovoga rada za F2 najbliži su vrijednosti od 631 Hz, koja proizlazi iz rada Marković (2012a). Vrijednosti drugoga formanta kreću se u rasponu od najniže vrijednosti od 1 900 Hz (Ivić & Lehiste, 1996) do najviših 2 511 Hz (Sudimac, 2012a). Većina se rezultata kreće oko 2 200 Hz, a rezultati dobiveni u ovome radu nalaze se u nešto nižim vrijednostima i iznosi 2 002 Hz. Na temelju toga, mogli bismo zaključiti da je izgovor vokala [e] manje prednji u odnosu na ostale vrijednosti iz dosadašnjih radova, što je zabilježeno i kod muških govornika srpskoga jezika analiziranih u ovome radu.

Vrijednosti trećega formanta kod vokala [e] dosta su raspršene i kreću se od najnižih 2 400 Hz (Ivić & Lehiste, 1996) do najviših 3 128 Hz (Gudurić, 2004). Vrijednosti iz ovoga rada (2 846 Hz) najbliže su vrijednosti od Sudimac (2016a), koje iznose 2 932 Hz.

#### *Vokal [i]*

Vrijednosti prethodno provedenih istraživanja za F1 pri izgovoru vokala [i] kod ženskih govornika srpskoga jezika kreću se u rasponu od 250 Hz (Ivić & Lehiste, 1996) do 406 Hz (Sudimac, 2016a). Vrijednosti prvoga formanta dobivene u ovome radu u okviru su većine dosadašnjih istraživanja i vrlo su blizu onima koje prikazuje Jovičić (1999). Vrijednosti drugoga formanta kod nekih su autora okupljene oko 2 400 Hz (Ivić & Lehiste, 1996; Gudurić, 2004; Sudimac, 2012a; 2012b), kao i u ovome radu (2 472 Hz). Kod preostalih autora vrijednosti F2 nešto su više i kreću se oko 2 700 Hz (Ivić & Lehiste, 1967; Marković & Bjelaković, 2006; 2007; 2008; 2012b; Marković, 2012a). Vrijednosti F3 kreću se u rasponu

---

<sup>85</sup> Autorica u radu navodi prosječne vrijednosti formanta kod tri muška i pet ženskih glasova koji pripadaju vojvođanskom regionalnom varijetetu.

od 2 850 Hz (Ivić & Lehiste, 1996) do 3 389 Hz (Gudurić, 2004). Vrijednost utvrđena u ovome radu (3 336 Hz) najbliža je vrijednostima koje u svojim radovima navodi Marković (2012a; Marković & Bjelaković, 2006; 2007; 2008; 2012b).

#### *Vokal [o]*

U prijašnjim istraživanjima vrijednosti F1 pri izgovoru vokala [o] kod ženskih govornika srpskoga jezika kreću se oko 600 Hz kod većine autora, osim kod Gudurić (2004), koja navodi najniže vrijednosti (461 Hz). Vrijednost zabilježena u ovome istraživanju najviša je u usporedbi s dosadašnjim radovima i iznosi 631 Hz. Frekvencijski je najbliža rezultatima iz rada Ivić i Lehiste (1967). Drugi formant kreće se u rasponu od 855 Hz (Gudurić, 2004) do 1 161 (Sudimac, 2016a), a većina je radova (kao i rezultati iz ovoga rada) okupljena oko vrijednosti od 1 000 Hz. Vrijednosti F3 nešto su raspršenije i kreću se u rasponu od 2 475 Hz (Ivić & Lehiste, 1996) do 2 983 Hz (Ivić & Lehiste, 1967). U preostalim se radovima F3 uglavnom kretao oko 2 650 Hz (kao i vrijednosti dobivene u ovome istraživanju).

#### *Vokal [u]*

Pri izgovoru vokala [u] vrijednosti F1 kod ženskih su se govornika srpskoga jezika kretale oko 400 Hz (kao i u ovome radu), osim kod Gudurić (2004) koja navodi nešto nižu vrijednost (311 Hz). Vrijednosti drugoga formanta u recentnim se radovima (Marković 2012a; sudimac, 2016a; 2016b; u ovome radu) kreću na višim vrijednostima, u rasponu od 800 Hz do 1 240 Hz. U ranijim radovima vrijednosti su nešto niže i iznose otprilike 8750 Hz (Ivić & Lehiste, 1967; 1996; Gudurić, 2004; Marković & Bjelaković, 2006; 2007; 2008; 2012b). Kretanja vrijednosti F2 u recentnijim radovima mogu upućivati na manju stražnjost izgovora vokala [u]. Također, možemo reći da je izgovor vokala [u] u kasnijim radovima manje zaokružen te da se ostvaruje s manje isturenim usnama u usporedbi s najstarijim radovima (Ivić & Lehiste, 1967; 1996), na što nam ukazuju nešto više vrijednosti F3 (oko 2 650 Hz). Najvišu vrijednost od 2 851 Hz navode Marković i Bjelaković (2006; 2007; 2008; 2012b).

#### **6.1.12. Međuformantski odnosi – mjera formantske disperzije u srpskome jeziku**

Odnos među formantima od podjednake je važnosti pri tumačenju i opisu prosječnih vrijednosti formanta kao i u usporedbi govornika istoga jezika, a različitoga spola te između govornika istoga spola, a različitoga jezika. U ovome će se poglavlju komentirati rezultati prosječnih vrijednosti  $D_f$  mjere, kao i razlike između muškaraca i žena u varijabilnosti

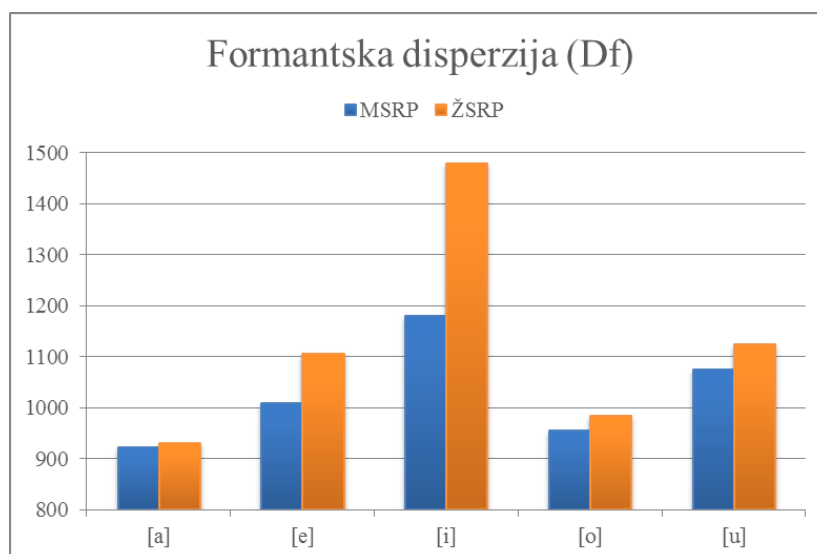


formanata i mjeri disperzije formanata. Odnos među formantima predstavljen je mjerom formantske disperzije ( $D_f$ ).

Tablica 10. Prikaz prosječnih vrijednosti formantske disperzije ( $D_f$ ) kod muških i ženskih govornika srpskoga jezika, izražene u hercima (Hz).

	$D_f$	
	$M_{SRP}$	$\check{Z}_{SRP}$
[a]	923	931
[e]	1 008	1 106
[i]	1 180	1 479
[o]	955	984
[u]	1 074	1 125

Radi bolje preglednosti rezultata, razlike u formantskoj disperziji između govornika muškoga i ženskoga spola u srpskome jeziku prikazat će se i grafički (vidi *Sliku 14*).

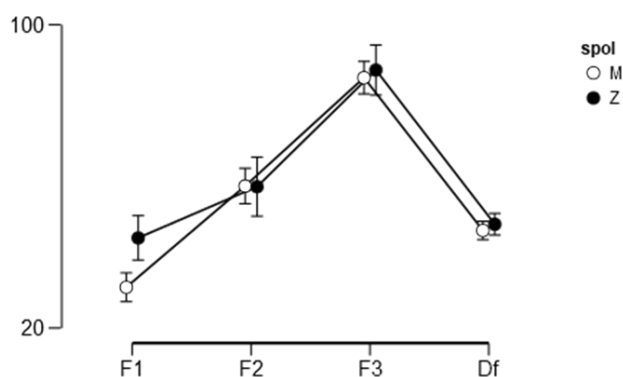


Slika 14. Prikaz prosječnih vrijednosti formantske disperzije između muških i ženskih govornika u srpskome jeziku.

Na temelju numeričkih vrijednosti prikazanih u *Tablici 10* i na *Slici 14* možemo primijetiti da se  $D_f$  vrijednosti među govornicima različitoga spola u srpskome jeziku kreću na jednak način. Drugim riječima, rezultati nam pokazuju da ženski govornici u odnosu na muške imaju više vrijednosti formantske disperzije ( $D_f$  mjera) pri izgovoru svih vokala, dok su, podsjetimo

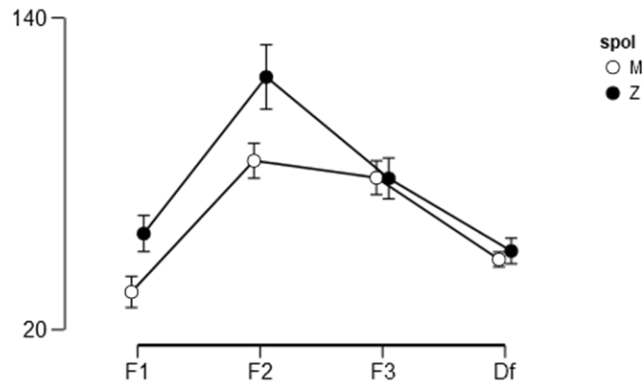
se, u hrvatskome jeziku govornice imale više  $D_f$  vrijednosti kod vokala [e], [i] te [u]. U srpskome se pri izgovoru vokala [a] i [o] vrijednosti kod muškaraca i žena nalaze vrlo blizu (što je kod govornika hrvatskoga jezika potvrđeno za vokal [u]), dok je kod vokala [e] i [u] nešto veća razlika. Najveća razlika među govornicima zabilježena je pri izgovoru vokala [i], gdje razlika iznosi gotovo 300 Hz.

Razlika između govornika muškoga i ženskoga spola srpskoga jezika ispitana je složenom ANOVA analizom za ponovljena mjerenja koristeći različite akustičke parametre (F1-F3 i  $D_f$ ) kao zavisni faktor i spol kao nezavisni faktor, dok je kao zavisna varijabla korištena mjera prosječnog apsolutnog odstupanja pri izgovoru različitih vokala. Provedenom se analizom nastojalo utvrditi variraju li govornici hrvatskoga jezika različito s obzirom na analizirane akustičke parametre (F1-F3 i  $D_f$ ) te variraju li ženski govornici više od muških u srpskome jeziku. Provedenom analizom nije utvrđena statistički značajna razlika u variranju analiziranih parametara u odnosu na muškarce ( $F(1,79)=2,58$ ,  $p>0,05$ ) pri izgovoru vokala [a] (Slika 15).



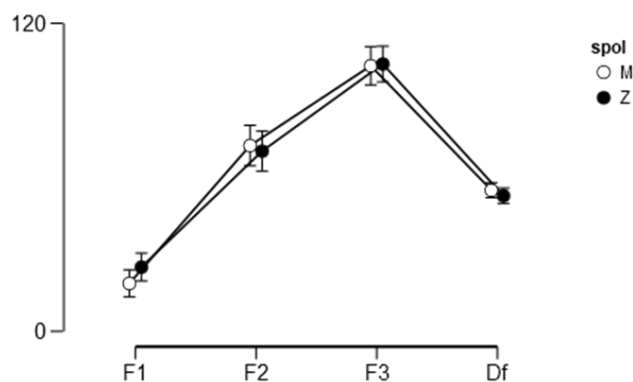
Slika 15. Prikaz značajnosti razlike između muških i ženskih govornika srpskoga jezika pri izgovoru vokala [a] u parametrima F1-F3 i  $D_f$ .

Daljnjom analizom utvrđeno je da žene značajno više variraju od muškaraca ( $F(1,79)=14,75$ ,  $p<0,001$ ) pri izgovoru vokala [e], što se može vidjeti i na Slici 15, te da je značajna razlika među govornicima različitoga spola potvrđena za parametre F1 ( $t(79)=6,69$ ,  $p<0,01$ ) i F2 ( $t(79)=4,25$ ,  $p<0,001$ ).



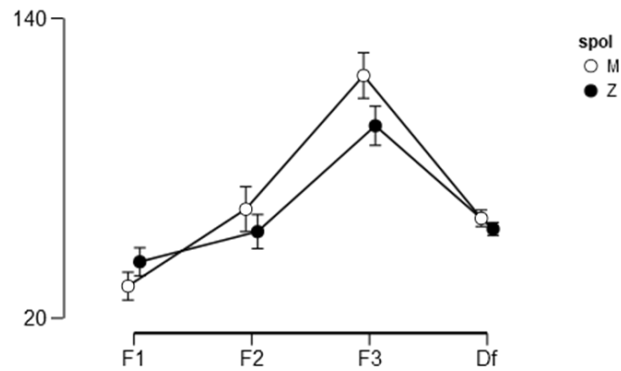
Slika 16. Prikaz značajnosti razlike između muških i ženskih govornika srpskoga jezika pri izgovoru vokala [e] u parametrima F1-F3 i D<sub>f</sub>.

Pri izgovoru vokala [i] provedenom analizom također je utvrđeno da žene značajno više variraju od muškaraca ( $F(1,79)=36,45$ ,  $p<0,05$ ) te da je značajna razlika među govornicima različitoga spola potvrđena samo za prvi formant ( $t(79)=2,88$ ,  $p<0,05$ ). Na *Slici 17* prikazana je značajnost razlike između muških i ženskih govornika srpskoga jezika pri izgovoru vokala [i] u parametrima F1-F3 i D<sub>f</sub>.



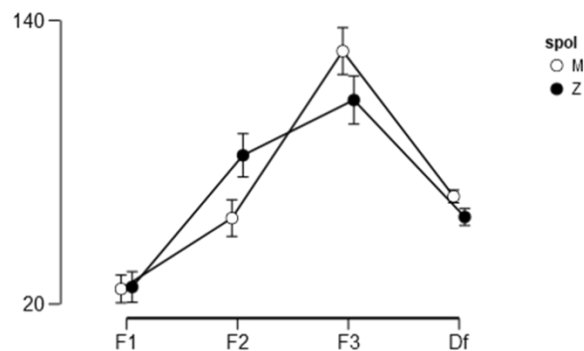
Slika 17. Prikaz značajnosti razlike između muških i ženskih govornika srpskoga jezika pri izgovoru vokala [i] u parametrima F1-F3 i D<sub>f</sub>.

Pri izgovoru vokala [o] provedenom analizom nije utvrđena razlika u variranju analiziranih parametara između muškaraca i žena u srpskome jeziku ( $F(1,79)=2,77$ ,  $p>0,05$ ). Međutim, t-testom utvrđeno je da se muški i ženski govornici srpskoga jezika međusobno značajno razlikuju u parametrima F1 ( $t(79)=3,28$ ,  $p<0,05$ ) i F3 ( $t(79)=2,43$ ,  $p<0,05$ ), što se može vidjeti na *Slici 18*.



Slika 18. Prikaz značajnosti razlike između muških i ženskih govornika srpskoga jezika pri izgovoru vokala [o] u parametrima F1-F3 i D<sub>f</sub>.

Pri izgovoru vokala [u] provedenom analizom nije utvrđena razlika u variranju analiziranih parametara između muškaraca i žena u srpskome jeziku ( $F(1,79)=0,02$ ,  $p>0,05$ ). Međutim, t-testom utvrđeno je da se muški i ženski govornici srpskoga jezika međusobno značajno razlikuju u parametrima F2 ( $t(79)=5,96$ ,  $p<0,001$ ), u kojem više variraju žene, i F3 ( $t(79)=2,16$ ,  $p<0,05$ ) u kojem je veća varijabilnost kod muškaraca, što se može vidjeti na *Slici 19*.



Slika 19. Prikaz značajnosti razlike između muških i ženskih govornika hrvatskoga jezika pri izgovoru vokala [u] u parametrima F1-F3 i D<sub>f</sub>.

U *Tablici 11* prikazane su  $t$  i  $p$  vrijednosti te vrijednosti veličine učinka (*Cohenov d*) za svaki vokal zasebno, na temelju kojih se može utvrditi je li razlika u prosječnim vrijednostima formanta i D<sub>f</sub> mjeri statistički značajna, i ako je, na temelju kojega se analiziranoga parametra govornici srpskoga jezika bolje razlikuju<sup>86</sup>.

<sup>86</sup> Masno otisnutim brojkama izražene su statistički značajne razlike.

Tablica 11. Prikaz značajnosti razlike u prosječnim vrijednostima formanta (F1-F3) i D<sub>f</sub> vrijednosti između muških i ženskih govornika srpskoga jezika.

vokal		F1	F2	F3	D <sub>f</sub>
[a]	<i>t</i>	t(79)= -3,95	t(79)= 0,05	t(79)= -0,40	t(79)= -0,55
	<i>p</i>	<0,001	>0,05	>0,05	>0,05
	<i>Cohenov d</i>	0,89	0,01	0,09	0,12
[e]	<i>t</i>	t(79)= -6,69	t(79)= -4,25	t(79)= 0,04	t(79)= -0,85
	<i>p</i>	<0,001	<0,001	>0,05	>0,05
	<i>Cohenov d</i>	1,5	0,95	0,01	-0,19
[i]	<i>t</i>	t(79)= -2,88	t(79)= 0,36	t(79)= -0,09	t(79)= 0,57
	<i>p</i>	<0,005	>0,05	>0,05	>0,05
	<i>Cohenov d</i>	-0,65	0,08	-0,02	0,13
[o]	<i>t</i>	t(79)= -3,28	t(79)= 1,77	t(79)= 2,43	t(79)= 1,01
	<i>p</i>	<0,005	>0,05	<0,05	>0,05
	<i>Cohenov d</i>	-0,74	0,39	0,55	0,23
[u]	<i>t</i>	t(79)= -0,35	t(79)= -5,96	t(79)= 2,16	t(79)= 1,82
	<i>p</i>	>0,05	<0,001	<0,05	>0,05
	<i>Cohenov d</i>	-0,08	-1,34	0,49	0,41

Rezultati analize pokazali su da se u srpskome jeziku žene i muškarci statistički značajno razlikuju u prosječnim vrijednostima:

- F1 u gotovo svim vokalima (osim kod [u]),
- F2 u manjem broju vokala ([e] i [u]),
- F3 kod stražnjih vokala, dok se u
- D<sub>f</sub> mjeri nije pokazala statistički značajna razlika.

Veličina učinka (*Cohenov d*) odgovara nam na pitanje snaga koje je statistički značajne razlike veća. Drugim riječima, postaje nam jasno, koji je od analiziranih faktora snažniji pokazatelj razlike između žena i muškaraca. Što su njegove vrijednosti više, to je veličina učinka snažnija. Na temelju toga možemo zaključiti da je u srpskome jeziku najsnažniji faktor razlikovanja govornika muškoga i ženskoga spola prvi formant, što su potvrdili Torre III i

Barlow (2009). F2 i F3 podjednako su snažni pokazatelji razlike, nešto slabiji od F1. Neočekivano, D<sub>f</sub> mjera pokazala se kao vrlo slab faktor razlike, jer analizom nije potvrđena značajnost razlike pri izgovoru niti jednoga vokala.

### 6.1.13. Akustička raspršenost vokalskih sustava kod muških i ženskih govornika srpskoga jezika

Kao što je već u ranijim poglavljima spomenuto, u brojnim se inozemnim radovima navodi da je kod ženskih govornika uglavnom veća akustička raspršenost vokalskoga sustava nego kod muških (Goldstein, 1980; Gordon & Heath, 1998; Hanson & Chuang, 1999 itd.). Spomenute su se teze ispitala u ovome radu kod govornika različitoga spola u hrvatskome i srpskome jeziku. Naposljetku, usporedit će se akustička raspršenost između govornika istoga spola, a različitoga jezika (M<sub>HRV</sub>:M<sub>SRP</sub> i  $\check{Z}_{HRV}:\check{Z}_{SRP}$ ), kako bi se utvrdilo postoje li i jezične razlike u stupnju disperzije rezultata.

Tablica 12. Prikaz raspršenja vrijednosti formantskih frekvencija (F1-F3) kod muških i ženskih govornika srpskoga jezika.

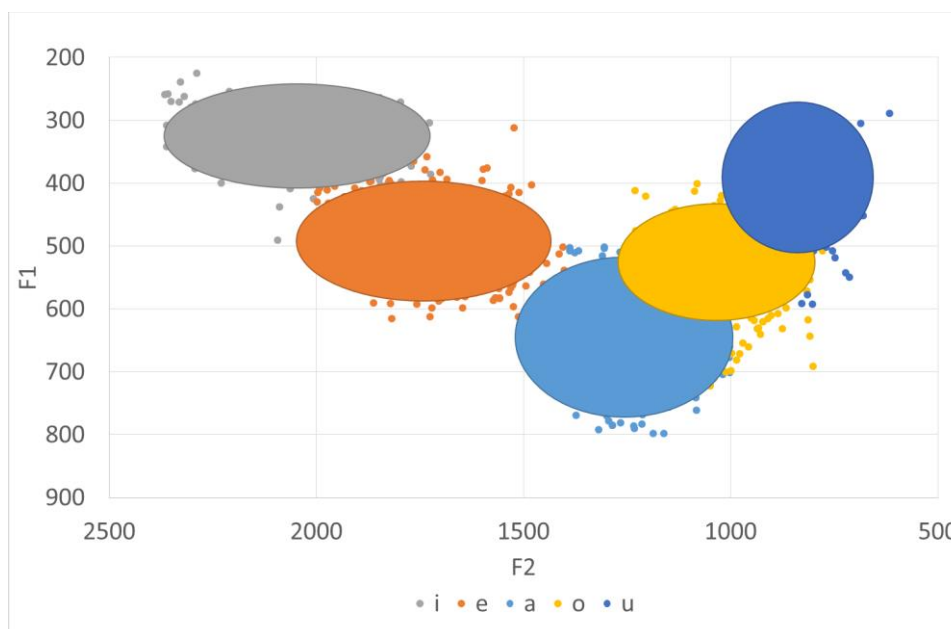
	SD <sub>F1</sub>		SD <sub>F2</sub>		SD <sub>F3</sub>	
vokal	M	Ž	M	Ž	M	Ž
[a]	9,4	19,6	19	16,4	21,5	23,6
[e]	10,1	19,7	30	38	33,2	24,7
[i]	7,9	12	29,3	23,7	36,5	25,8
[o]	11,9	14,8	27,9	12	40,8	30,9
[u]	11,2	9,9	19,3	20,6	45,6	38,7

Na temelju vrijednosti prikazanih u *Tablici 12* možemo zaključiti da deskriptivne vrijednosti raspršenja formantskih vrijednosti formantata u srpskome jeziku ukazuju na:

- veću raspršenost kod ženskih govornika u vrijednostima F1 (osim kod vokala [u]) te
- uglavnom veću raspršenost kod muških govornika u vrijednostima F2 (osim kod vokala [e], dok su kod vokala [u] SD vrijednosti vrlo blizu jedna drugoj) i F3 (osim kod vokala [a]).

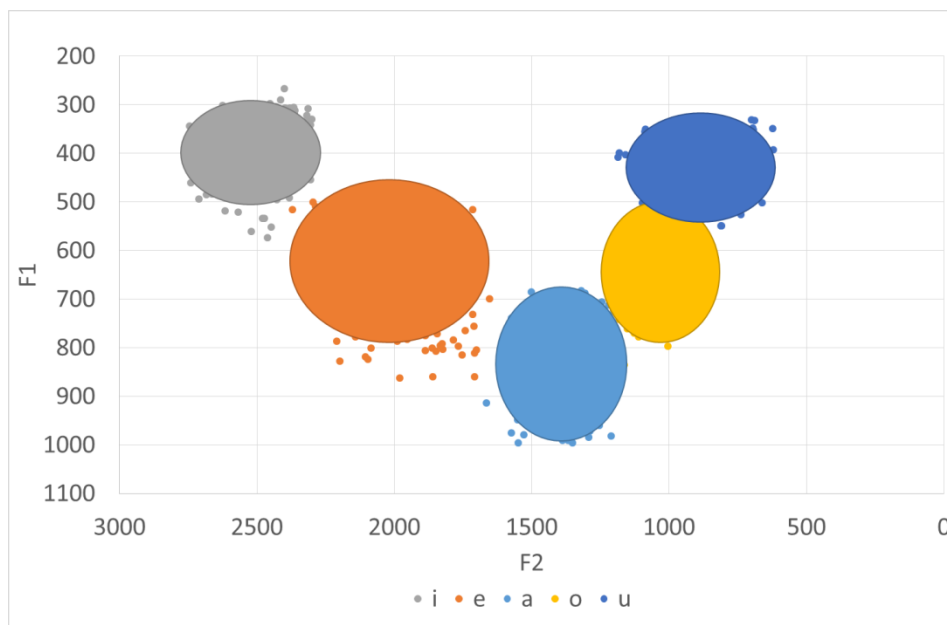
Akustička raspršenost vokalskih sustava kod muških i ženskih govornika srpskoga jezika bit će prikazana kao i za govornike hrvatskoga jezika, u obliku tzv. *plot* prikaza. Tim će se

prikazima raspršenost frekvencijskih vrijednosti F1 i F2 predstaviti zasebno za svaki vokal i oba spola. Uobičajeno je da se pojedinačne vrijednosti formanta uglavnom ne prikazuju zbog manje preglednosti, posebice ako je riječ o većem broju govornika. Osim toga, valja napomenuti da se sve pojedinačne vrijednosti F1 i F2 objedine i grupiraju na razini pojedinoga vokala pod oblikom elipse ili kruga (ovisno o raspršenju rezultata).



Slika 20. Akustička raspršenost vokalskoga sustava kod muških govornika srpskoga jezika na temelju vrijednosti F1 i F2.

Usporedimo li SD vrijednosti kod muških govornika srpskoga jezika s prikazom akustičkoga raspršenja na *Slici 20* možemo primijetiti da su vrijednosti raspršenja vokala [i], [e], [a] i [o] elipsastoga oblika jer su SD vrijednosti prvoga formanta manje od SD vrijednosti drugoga formanta. Kod vokala [i], [e] i [o] stupanj je raspršenja kod F2 gotovo trostruko veći od onoga kod F1, pa je stoga elipsa spljoštenija (horizontalno položena) negoli kod vokala [a], kod kojega su vrijednosti F2 dvostruko raspršenije nego kod F1 (manja horizontalna spljoštenost). Stražnji vokal [u] jedini je vokal kod muških govornika srpskoga jezika čije su SD vrijednosti prvoga i drugoga formanta vrlo blizu, što na *Slici 21* možemo vidjeti u prikazu akustičke raspršenosti u kružnome obliku. Na slici se također može vidjeti da kod vokala [a], [o] i [u] dolazi do blažega preklapanja raspršenosti vrijednosti formanta.



Slika 21. Akustička raspršenost vokalskoga sustava kod ženskih govornika srpskoga jezika na temelju vrijednosti F1 i F2.

Usporedimo li SD vrijednosti kod ženskih govornika srpskoga jezika s prikazom akustičkoga raspršenja na *Slici 21* razvidno je da su vrijednosti raspršenja vokala [i], [e] i [u] elipsastoga oblika (horizontalno položeno) jer su SD vrijednosti prvoga formanta u tim vokalima manje od SD vrijednosti drugoga formanta. Kod vokala [i] i [u] raspršenje je nešto manje nego pri izgovoru vokala [e], što se može zaključiti na temelju SD vrijednosti i usporedbe površina elipsastih prikaza raspršenja kod svih pet vokala srpskoga jezika. Također valja spomenuti da su raspršenja F1 i F2 kod vokala [a] i [o] obrnuto proporcionalna raspršenjima u preostalim vokalima. Drugim riječima, pri izgovoru tih dvaju vokala raspršenje kod F1 bilo je veće negoli kod F2, što se na *Slici 21* može iščitati iz vodoravnoga položaja raspršenja formanta kod vokala [a] i [o].

Kod vokala [i], [e] i [o] stupanj je raspršenja kod F2 gotovo tri puta veći od onoga kod F1, pa je stoga elipsa spljoštenija (horizontalno položena) negoli kod vokala [a], kod kojega su vrijednosti F2 dvostruko raspršenije nego kod F1 (manja horizontalna spljoštenost). Stražnji vokal [u] jedini je vokal kod muških govornika srpskoga jezika čije su SD vrijednosti prvoga i drugoga formanta vrlo blizu, što na *Slici 21* možemo vidjeti u prikazu akustičke raspršenosti u kružnome obliku. Također, možemo primijetiti da kod stražnjih vokala [o] i [u] dolazi do blagoga preklapanja u raspršenju formanta tih vokala.



Usporedbom prikaza akustičke raspršenosti vokalskoga sustava kod muških i ženskih govornika srpskoga jezika na temelju F1 i F2 vrijednosti možemo zaključiti da je raspršenost prvoga formanta veća kod ženskih govornika u gotovo svim vokalima (osim kod [u]). Raspršenje drugoga formanta uglavnom je veće kod muškaraca, i to u vokalima [a], [i] i [o]. Raspršenje F2 kod žena veće je samo kod vokala [e], dok je kod vokala [u] ono neznatno veće kod žena. Za razliku od rezultata akustičke raspršenosti formantskih frekvencije kod govornika hrvatskoga jezika, u srpskome jeziku nisu u potpunosti potvrđeni rezultati Gordona i Heatha (1998) te Hansona i Chuanga (1999), prema kojima žene u usporedbi s muškarcima imaju periferniji vokalski prostor kod svih vokala osim kod stražnjih.

#### 6.1.14. Akustička raspršenost vokalskih sustava kod govornika hrvatskoga i srpskoga jezika istoga spola

Razlika između akustičke raspršenosti vokalskoga sustava kod govornika različitoga spola u istome jeziku opisana je mjerom standardne devijacije. U ovome će se poglavlju ispitati je li razlika u raspršenju formantskih frekvencija (F1-F3) statistički značajna kod govornika različitoga spola. Značajnost će se utvrditi izračunavanjem prosječnoga apsolutnog odstupanja za svakoga govornika zasebno i za svaki vokal zasebno, a na tim će se vrijednostima provesti ANOVA testiranja za ponovljena mjerenja. U radu će se također opisati raspršenje rezultata (na temelju SD vrijednosti) te će se utvrditi postoji li statistički značajna jezična razlika između stupnja raspršenja vrijednosti formanta kod govornika istoga spola i različitoga jezika ( $M_{HRV}:M_{SRP}$  i  $\bar{Z}_{HRV}:\bar{Z}_{SRP}$ ). Rezultati provedene analize varijance pokazali su da su statistički značajne razlike između gotovo svih formanta i svih vokala između muških i ženskih govornika hrvatskoga i srpskoga jezika (vidi *Tablicu 13*).

Tablica 13. Značajnost razlika između formanta (F1-F3) kod svih vokala između muških i ženskih govornika hrvatskoga i srpskoga jezika.

vokal	F1		F2		F3	
	F (t)	p	F (t)	p	F (t)	p
[a]	F(1,158)=22,95	<b>p&lt;0,05</b>	F(1,158)=2,43	p>0,05	F(1,158)=15,39	<b>p&lt;0,001</b>
[e]	F(1,158)=50,53	<b>p&lt;0,001</b>	F(1,158)=52,57	<b>p&lt;0,001</b>	F(1,158)=18,39	<b>p&lt;0,001</b>
[i]	F(1,158)=16,05	<b>p&lt;0,001</b>	F(1,158)=11,19	<b>p&lt;0,001</b>	F(1,158)=15,21	<b>p&lt;0,001</b>
[o]	F(1,158)=1,32	p>0,05	F(1,158)=24,27	<b>p&lt;0,001</b>	F(1,158)=8,87	<b>p&lt;0,05</b>
[u]	F(1,158)=4,87	<b>p&lt;0,05</b>	F(1,158)=11,56	<b>p&lt;0,001</b>	F(1,158)=15,81	<b>p&lt;0,001</b>

### *Muški govornici hrvatskoga i srpskoga jezika*

U *Tablici 14* prikazane su SD vrijednosti formanata (F1-F3) kod muških govornika hrvatskoga i srpskoga jezika. Vrijednosti mjere raspršenja opisno će se komentirati, a u nastavku rada ispitat će se značajnost razlika raspršenja formanata između govornika istoga spola, ali različitoga jezika.

Tablica 14. Prikaz raspršenja formantskih frekvencija (F1-F3) kod muških govornika hrvatskoga i srpskoga jezika.

	<b>F1</b>		<b>F2</b>		<b>F3</b>	
vokal	HRV <sub>M</sub>	SRP <sub>M</sub>	HRV <sub>M</sub>	SRP <sub>M</sub>	HRV <sub>M</sub>	SRP <sub>M</sub>
[a]	14,7	9,4	16,4	19	24,9	21,5
[e]	9,7	10,1	17,4	30	24,6	33,2
[i]	6,9	7,9	20,6	29,3	27,8	36,5
[o]	12,8	11,9	22,2	27,9	31,3	40,8
[u]	13	11,2	20,8	19,3	42,9	45,6

Na temelju SD vrijednosti prikazanih u *Tablici 14* rezultate možemo tumačiti s obzirom na različite formante i/ili vokale. Ako raspršenje rezultata sagledavamo na temelju prvoga, drugoga i trećega formanta možemo izvući sljedeća dva zaključka:

- raspršenje vrijednosti prvoga formanta uglavnom je veće kod muških govornika hrvatskoga jezika (u središnjem vokalu [a] te u stražnjim vokalima [o] i [u]) dok je
- raspršenje vrijednosti drugoga i trećega formanta uglavnom veće kod muških govornika srpskoga jezika (osim F2 kod stražnjeg vokala [u] i F3 kod središnjeg vokala [a]).

Na temelju toga možemo zaključiti da je vokalski sustav kod govornika srpskoga jezika snimljenih za potrebe ove disertacije raspršeniji te da su vrijednosti formanata manje okupljene oko centralnih vrijednosti. Sagledamo li rezultate raspršenja vrijednosti formanata kroz različite vokale, možemo reći da je raspršenje:

- kod vokala [a] i [u] veće u skupini govornika hrvatskoga jezika (za F1 i F3 kod vokala [a] te za F1 i F2 u vokalu [u]), a

- kod vokala [e], [i] te [o] veće kod govornika srpskoga jezika (za prva tri formanta u vokalima [e] i [i] te za F2 i F3 u vokalu [o]).

Usporedbom akustičke raspršenosti formantskih frekvencija (F1-F3) za svaki vokal zasebno, ispitala se značajnost razlika između muških govornika hrvatskoga i srpskoga jezika. U *Tablici 15* prikazane su *t* i *p* vrijednosti kojima je izražena značajnost razlike raspršenja prvih triju formanta, zasebno za svaki vokal, između muških govornika hrvatskoga i srpskoga jezika. Ako je *t* vrijednost pozitivnoga predznaka rezultat tumačimo tako da je raspršenje veće kod govornika hrvatskoga jezika, a ako je ona negativnoga predznaka veće je raspršenje kod govornika srpskoga jezika. Statistički je značajna razlika u raspršenju formanta između govornika utvrđena ako je *p* vrijednost manja od 0,05 ili 0,001 vrijednosti, što je radi veće preglednosti u tablici otisnuto masnim slovima. Preostale *p* vrijednosti koje su veće od 0,05 tumače se kao beznačajne.

Tablica 15. Značajnost razlike raspršenja formanta (F1-F3) između muških govornika hrvatskoga i srpskoga jezika s navedenim *t* i *p* vrijednostima.

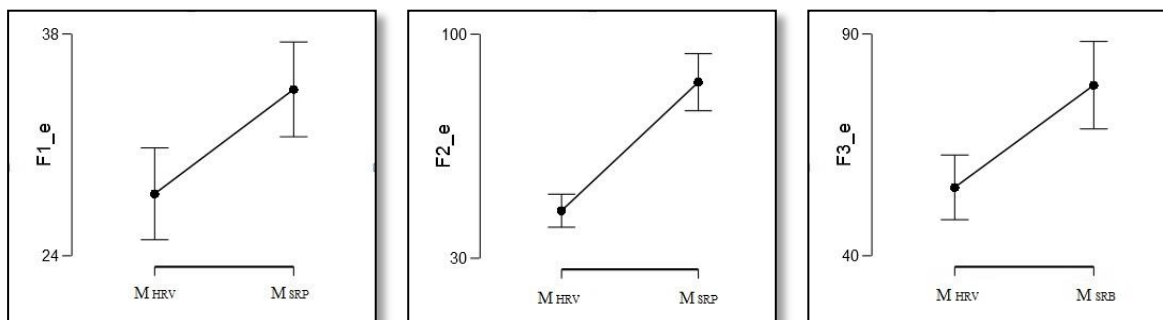
	F1		F2		F3	
vokal	t	p	t	p	t	p
[a]	t(90)= -1,41	>0,05	t(90)= -0,54	>0,05	t(90)= 0,035	>0,05
[e]	t(90)= -3,19	<b>&lt;0,05</b>	t(90)= -7,85	<b>&lt;0,001</b>	t(90)= -3,78	<b>&lt;0,001</b>
[i]	t(90)= 0,33	>0,05	t(90)= -3,56	<b>&lt;0,001</b>	t(90)= -2,94	<b>&lt;0,05</b>
[o]	t(90)= -0,21	>0,05	t(90)= 3,19	<b>&lt;0,05</b>	t(90)= -2,96	<b>&lt;0,05</b>
[u]	t(90)= 0,89	>0,05	t(90)= 2,7	>0,05	t(90)= -0,54	>0,05

Na temelju *p* i *t* vrijednosti prikazanih u *Tablici 15* možemo zaključiti da je statistički značajna razlika u raspršenju formanta između muških govornika hrvatskoga i srpskoga jezika potvrđena kod:

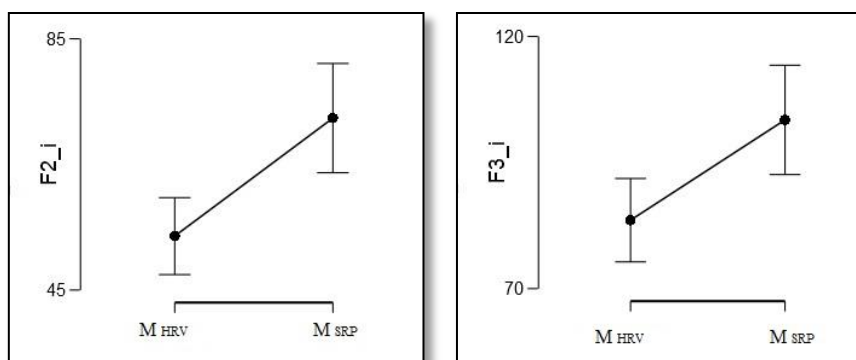
- vokala [e] u vrijednostima svih formanta (F1-F3) i kod
- vokala [i] te [o] u vrijednostima prvih dvaju formanta (F1 i F2).

Međutim, u statistički značajnim razlikama *t* vrijednosti ponekad su pozitivnoga, a ponekad negativnoga predznaka. Osvrnemo li se na *t* vrijednosti iznesene u prethodno navedenoj tablici zaključit ćemo da je značajno veće raspršenje vrijednosti formanta uglavnom

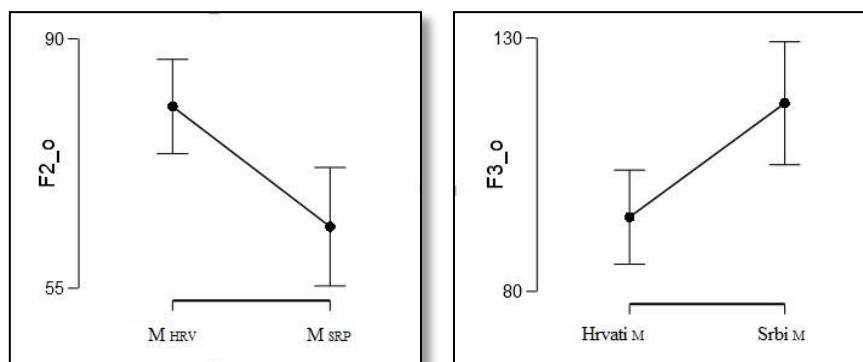
zabilježeno kod govornika srpskoga jezika (osim kod vokala [u] za F2). Na slikama koje slijede u nastavku poglavlja (Slike 22, 23 i 24) bit će prikazane samo statistički značajne razlike u raspršenju formantskih frekvencija između govornika hrvatskoga i srpskoga jezika. Na slikama koje slijede stupanj raspršenosti veći je što je položaj točke na y osi viši.



Slika 22. Prikaz raspršenosti formantskih frekvencija (F1-F3) kod muških govornika hrvatskoga i srpskoga jezika pri izgovoru vokala [e].



Slika 23. Prikaz raspršenosti formantskih frekvencija (F2 i F3) kod muških govornika hrvatskoga i srpskoga jezika pri izgovoru vokala [i].



Slika 24. Prikaz raspršenosti formantskih frekvencija (F2 i F3) kod muških govornika hrvatskoga i srpskoga jezika pri izgovoru vokala [o].

### Ženski govornici hrvatskoga i srpskoga jezika

U *Tablici 16* prikazane su vrijednosti standardne devijacije formanta (F1-F3) kod ženskih govornika hrvatskoga i srpskoga jezika. Vrijednosti mjere raspršenja opisno će se komentirati, a u nastavku rada ispitat će se i njihova značajnost.

Tablica 16. Prikaz raspršenja formantskih frekvencija (F1-F3) kod ženskih govornika hrvatskoga i srpskoga jezika.

	F1		F2		F3	
vokal	HRV <sub>ž</sub>	SRP <sub>ž</sub>	HRV <sub>ž</sub>	SRP <sub>ž</sub>	HRV <sub>ž</sub>	SRP <sub>ž</sub>
[a]	17,9	19,6	14,3	16,4	41,4	23,6
[e]	11,9	19,7	23,6	38	48,2	24,7
[i]	10,5	12	29	23,7	63,2	25,8
[o]	9,8	14,8	20,1	12	25,2	30,9
[u]	10,4	9,9	18,7	20,6	27	38,7

Na temelju vrijednosti standardne devijacije prikazanih u *Tablici 16* rezultate možemo tumačiti u okviru različitih formanta i/ili različitih vokala. Ukoliko stupanj raspršenja rezultata uspoređujemo na temelju prvoga, drugoga i trećega formanta možemo izvući sljedeća dva zaključke:

- raspršenje vrijednosti prvoga i drugoga formanta uglavnom je veće kod ženskih govornika srpskoga jezika (osim F1 kod stražnjega vokala [u] te F2 kod vokala [i] te [o]) i
- raspršenje vrijednosti trećega formanta uglavnom je veće kod ženskih govornika hrvatskoga jezika (osim kod stražnjih vokala [u] i [o]).

Iz navedenoga proizlazi da je vokalski sustav kod govornica srpskoga jezika snimljenih za potrebe ove disertacije raspršeniji te da su vrijednosti formanta manje okupljene oko centralnih vrijednosti. Sagledamo li rezultate raspršenja vrijednosti formanta na temelju različitih vokala, možemo reći da je raspršenje:

- kod vokala [a], [e], [o] i [u] uglavnom veće u skupini govornika srpskoga jezika (za vokale [a] i [e] u vrijednostima F1 i F2, za vokal [o] u vrijednostima F1 i F3 te za vokal [u] u vrijednostima F2 i F3) te da je
- kod vokala [i] uglavnom veće kod govornika hrvatskoga jezika (za F1 i F3).

Usporedbom akustičke raspršenosti formantskih frekvencija (F1-F3) za svaki vokal zasebno, ispitala se značajnost razlika između ženskih govornika hrvatskoga i srpskoga jezika. U *Tablici 17* prikazane su *t* i *p* vrijednosti kojima je izražena značajnost razlike raspršenja prvih triju formanta, zasebno za svaki vokal, između ženskih govornika hrvatskoga i srpskoga jezika. Ako je *t* vrijednost pozitivnoga predznaka rezultat tumačimo tako da je raspršenje veće kod govornika hrvatskoga jezika, a ako je ona negativnoga predznaka veće je raspršenje kod govornica srpskoga jezika.

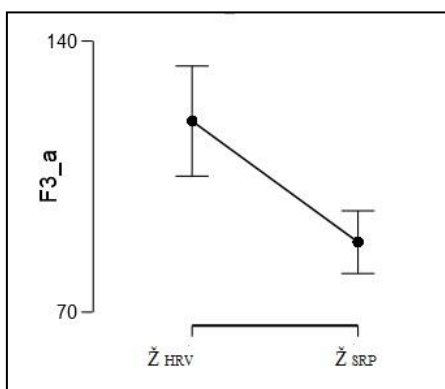
Tablica 17. Značajnost razlike raspršenja formanta (F1-F3) po vokalima, između ženskih govornika hrvatskoga i srpskoga jezika s navedenim *t* i *p* vrijednostima.

	F1		F2		F3	
vokal	t	p	t	p	t	p
[a]	t(68)= -1,38	>0,05	t(68)= 1,4	>0,05	t(68)= 3,88	<0,001
[e]	t(68)= -5,69	<0,001	t(68)= -5,34	<0,001	t(68)= 2,5	<0,05
[i]	t(68)= -0,16	>0,05	t(68)= 2,05	<0,05	t(68)= 2,45	<0,05
[o]	t(68)= -5,16	<0,001	t(68)= 0,12	>0,05	t(68)= -2,01	<0,05
[u]	t(68)= -3,01	<0,05	t(68)= -4,33	<0,001	t(68)= -1,74	>0,05

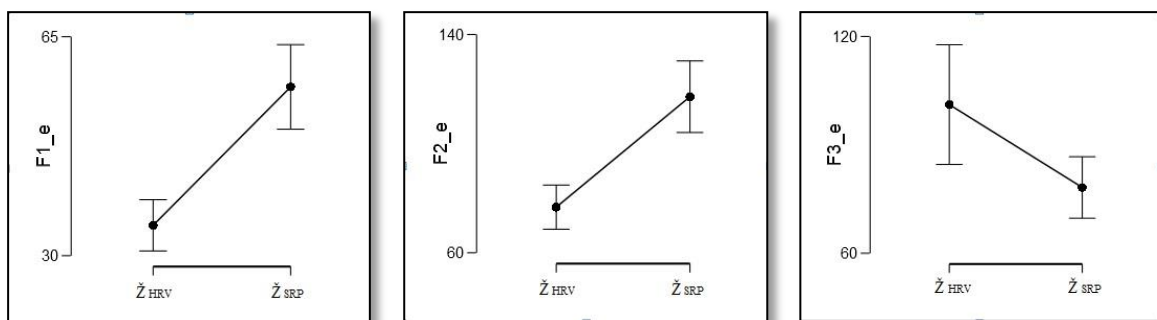
Na temelju  $p$  i  $t$  vrijednosti prikazanih u *Tablici 17* možemo primijetiti da je statistički značajna razlika u raspršenju formanata utvrđena između ženskih govornika hrvatskoga i srpskoga jezika kod svih vokala u sljedećim vrijednostima:

- kod vokala [a] u F3,
- kod vokala [e] i [o] u vrijednostima svih formanata (F1-F3),
- kod vokala [i] u F2 i F3 te kod
- vokala [u] u vrijednostima F1 i F2.

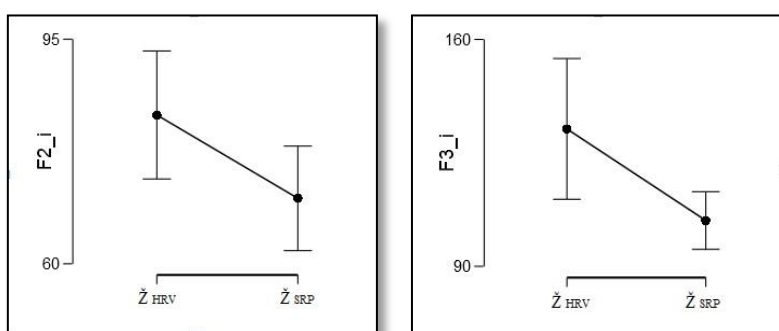
Međutim, u statistički značajnim razlikama  $t$  vrijednosti ponekad su pozitivnoga, a ponekad negativnoga predznaka. Pogledamo li  $t$  vrijednosti iznesene u *Tablici 17* jasnim postaje da su značajno veća raspršenja formanata češće zabilježena kod govornika srpskoga jezika. Isti je zaključak iznesen i za muške govornike srpskoga jezika. Na slikama koje slijede u nastavku poglavlja (*Slike 25, 26, 27, 28 i 29*) bit će prikazane samo statistički značajne razlike u raspršenju formantskih frekvencije između govornika hrvatskoga i srpskoga jezika, na kojima je stupanj raspršenosti veći što je položaj točke na y osi viši.



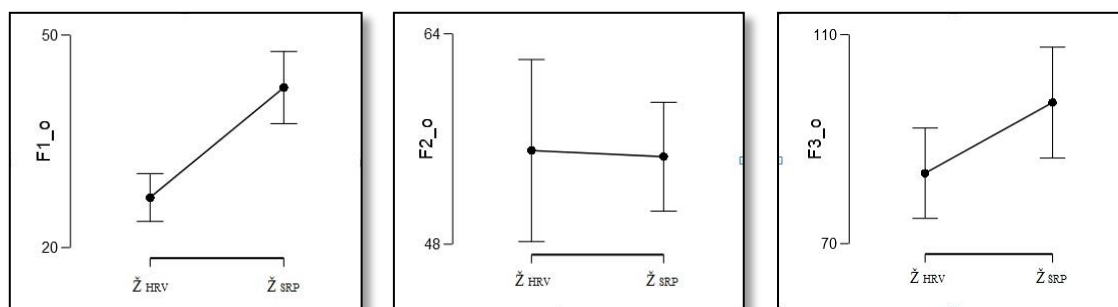
Slika 25. Prikaz raspršenosti trećega formanta kod ženskih govornika hrvatskoga i srpskoga jezika pri izgovoru vokala [a].



Slika 26. Prikaz raspršenosti formantskih frekvencija (F1-F3) kod ženskih govornika hrvatskoga i srpskoga jezika pri izgovoru vokala [e].

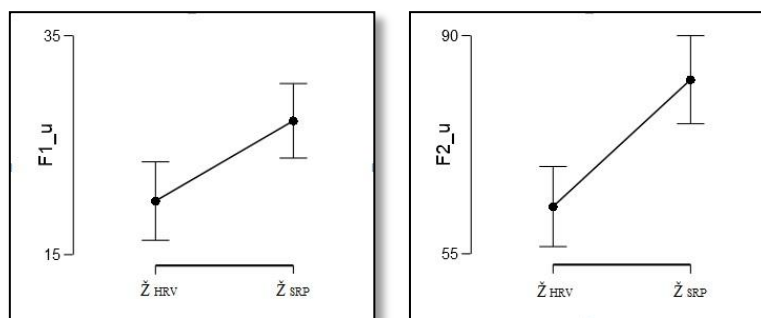


Slika 27. Prikaz raspršenosti formantskih frekvencija (F2 i F3) kod ženskih govornika hrvatskoga i srpskoga jezika pri izgovoru vokala [i].



Slika 28. Prikaz raspršenosti formantskih frekvencija (F1-F3) kod ženskih govornika hrvatskoga i srpskoga jezika pri izgovoru vokala [o].



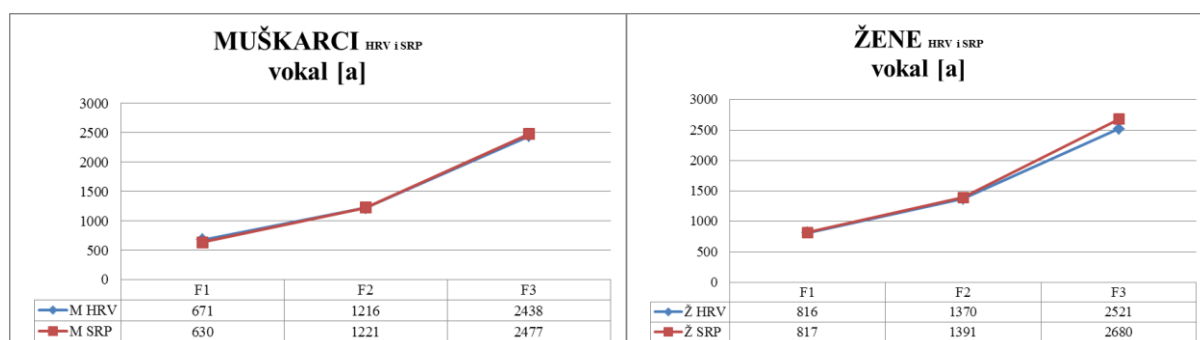


Slika 29. Prikaz raspršenosti formantskih frekvencija (F1 i F2) kod ženskih govornika hrvatskoga i srpskoga jezika pri izgovoru vokala [u].

Na temelju rezultata izvedenih u ovome poglavlju možemo na kraju zaključiti da je vokalski sustav govornika hrvatskoga jezika snimljenih za potrebe ovoga rada akustički manje raspršen te da su govornici obaju spolova, u odnosu na govornike srpskoga jezika, više okupljeni oko centralnih vrijednosti. O tome nam govore više SD vrijednosti u većem broju vokala i kod većega broja formanata, koje mogu biti uzrokovane raznolikijim uzorkom govornika u srpskome jeziku negoli u hrvatskome. Odnosno, moguće je da je verifikacijski postupak u hrvatskome jeziku bio stroži u usporedbi s onime u srpskome jeziku.

#### 6.1.15. Usporedba prosječnih vrijednosti formanata između govornika hrvatskoga i srpskoga jezika istoga spola

U ovome poglavlju usporedit će se prosječne vrijednosti prvih triju formanata (F1-F3) između govornika istoga spola, ali različitoga jezika. Drugim riječima, kontrastivno će se usporediti vokalski sustavi kod ženskih govornika hrvatskoga i srpskoga jezika te kod muških govornika hrvatskoga i srpskoga jezika. Rezultati će se komentirati zasebno za svaki spol.



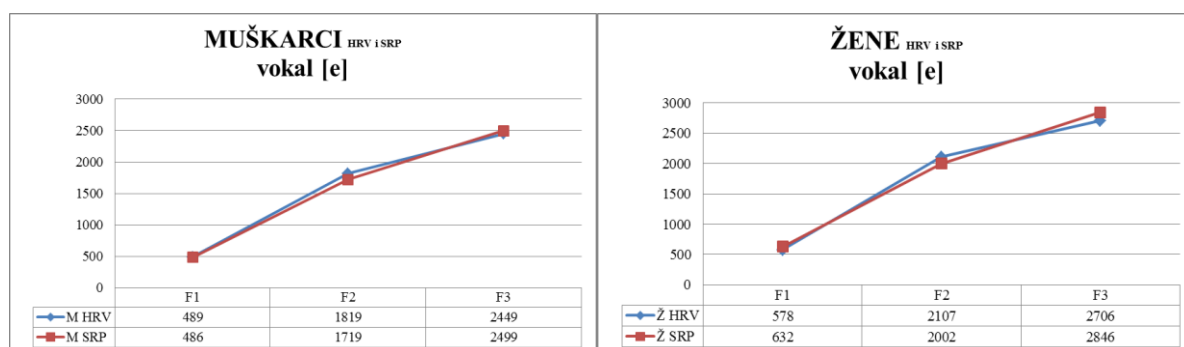
Slika 30. Prikaz prosječnih vrijednosti formantskih frekvencija (F1-F3) između govornika hrvatskoga i srpskoga jezika istoga spola u vokalu [a] izražene u hercima (Hz).

Na *Slici 30* možemo primijetiti da su prosječne vrijednosti prvih triju formanta (F1, F2 i F3) između govornika hrvatskoga i srpskoga jezika kod obaju spolova pri izgovoru vokala [a] gotovo podudarne. Usporedbom numeričkih vrijednosti navedenih u donjem dijelu grafikona, vidljivo je da je u obje spolne skupine vrijednosti prvoga formanta više kod govornika hrvatskoga jezika, dok su F2 i F3 viših vrijednosti kod srpskih govornika. Više vrijednosti prvoga formanta upućuju na veći stupanj otvora pri izgovoru glasnika, odnosno na otvoreniji izgovor vokala [a] u hrvatskome jeziku. Slični rezultati dobiveni su i u istraživanju Varošaneć-Škarić i sur. (2016), koje je provedeno na 14 govornika hrvatskoga i jednakom broju govornika srpskoga jezika.

Iako se vrijednosti prvoga formanta najčešće vežu uz obilježje otvorenosti/zatvorenosti, njegovo nam kretanje govori i o položaju jezika. Tako će primjerice kod zatvorenijih vokala biti niže vrijednosti prvoga formanta, kao i kod prednijih vokala, o čemu su već pisali brojni autori (Lindblom & Sundberg, 1971; Laver, 1980; Hollien, 1990; Hayward, 2000; Ladefoged, 2003; Erickson, 2004; Ladefoged & Ferrari Disner, 2012; Klug, 2014). S obzirom na to, izgovor vokala [a] potrebno je tumačiti i na temelju odnosa F1 i F2, pa je vjerojatnije da je vokal [a] u srpskome jeziku u biti predniji od hrvatskoga [a] (što je izraženo nižim vrijednostima F1 i višim vrijednostima F2), a ne nužno zatvoreniji, što se pokazalo i u studiji koju je provela Marković (2006). Harrington (2013) ističe da veće suženje u prednjim dijelovima vokalnoga trakta utječe i na više vrijednosti F3 (krati se govorni prolaz) o čemu je prije pisao i Ladefoged (1985; prema Harrington, 2013).

Provjerom značajnosti razlike utvrđena je statistički značajna razlika ( $t(90)=3,67$ ,  $p<0,001$ ) u vrijednostima F1 pri izgovoru vokala [a] između hrvatskih i srpskih govornika muškoga spola, dok kod žena to nije bio slučaj.

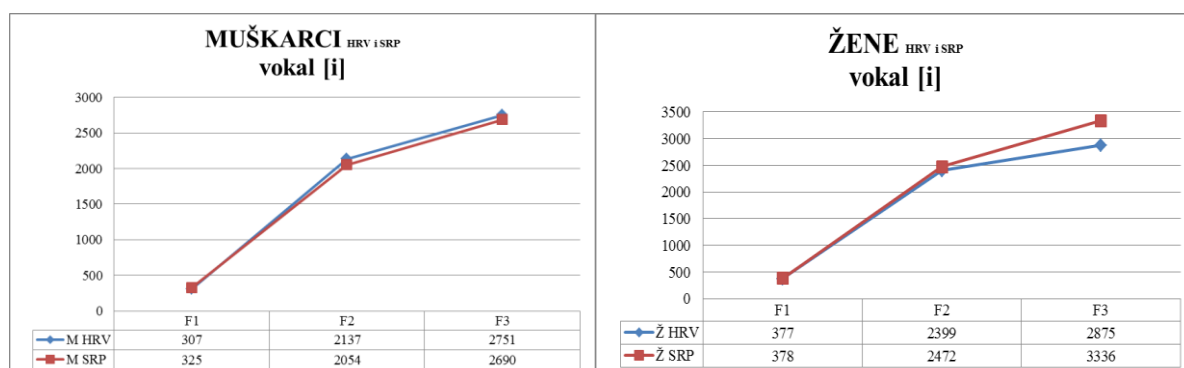
Kod obiju uspoređivanih skupina govornika (muških govornika hrvatskoga i srpskoga jezika te ženskih govornika hrvatskoga i srpskoga jezika) utvrđena je granična statistički značajna razlika u F3 (za muške govornike:  $t(90)=1,98$ ,  $p=0,05$  i za ženske govornike:  $t(68)=6,87$ ,  $p<0,001$ ). U obje usporedbe F3 vrijednosti bile su više kod govornika srpskoga jezika. Za pretpostaviti je da su više vrijednosti trećega formanta rezultat većega suženja u prednjim dijelovima govornoga prolaza, odnosno da upućuju na predniji izgovor.



Slika 31. Prikaz prosječnih vrijednosti formantskih frekvencija (F1-F3) između govornika hrvatskoga i srpskoga jezika istoga spola u vokalu [e] izražene u hercima (Hz).

Na temelju *Slike 31* možemo primijetiti da su u objema uspoređivanim skupinama prosječne vrijednosti prvih triju formanta vrlo blizu, nešto izraženiji kod muškaraca. Međutim, statističkom obradom podataka utvrđene su višestruke značajnosti razlike. Naime, kod žena je utvrđena statistički značajna razlika za sve formante (F1:  $t(68)=5,49$ ,  $p<0,001$ , F2:  $t(68)=4,74$ ,  $p<0,001$ ) i F3:  $t(68)=5,62$ ,  $p<0,001$ ), a kod muškaraca u vrijednostima F2 ( $t(90)=8,24$ ,  $p<0,001$ ) i F3 ( $t(90)=2,78$ ,  $p<0,01$ ).

Na temelju vrijednosti F1 u skupini žena za pretpostaviti je da su upravo ženske govornice srpskoga jezika ostvarile značajno otvoreniji izgovor vokala [e], što kod muškaraca primjerice nije utvrđeno. Kod govornika hrvatskoga jezika utvrđen je prednjiji izgovor vokala [e] (više vrijednosti F2) nego kod govornika srpskoga jezika (u objema spolnim skupinama), što je potvrđeno i u prethodnim istraživanjima (Varošaneć-Škarić et al., 2016; 2017). Također valja istaknuti da na vrijednosti drugoga formanta djeluje i raširenost usana (Lindblom & Sundberg, 1971; Alotaibi & Hussain, 2010) pa se stoga izgovor vokala [e] u srpskome može okvalificirati kao stražnjiji te da se ostvaruje s raširenijim položajem usana, negoli u hrvatskome. Marković (2006) pak na temelju govornika analiziranih u studiji koju je provela na govornicima različitih varijeteta zaključuje da je vokal [e] zatvoreniji u hrvatskome, ali samo u usporedbi s kratkim [e] u srpskome. U usporedbi s dugim [e] u srpskome, vokal je [e] u hrvatskome otvoreniji.

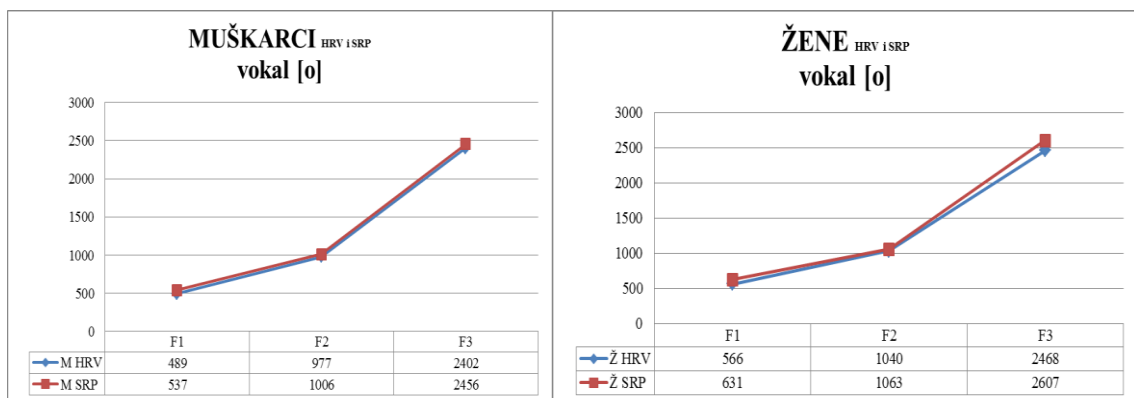


Slika 32. Prikaz prosječnih vrijednosti formantskih frekvencija (F1-F3) između govornika hrvatskoga i srpskoga jezika istoga spola u vokalu [i] izražene u hercima (Hz).

Na *Slici 32* prikazana je nešto veća razlika u prosječnim vrijednostima formanta između žena, u odnosu na skupine muškaraca. Statističkom obradom rezultata utvrđena je statistički značajna razlika za sve formante između muškaraca (F1:  $t(90)=3,22$ ,  $p<0,01$ , F2:  $t(90)=5,39$ ,  $p<0,001$ ) i F3:  $t(90)=3,8$ ,  $p<0,001$ ) te u vrijednostima F2 ( $t(68)=4,09$ ,  $p<0,001$ ) i F3 ( $t(68)=16,87$ ,  $p<0,01$ ) između žena.

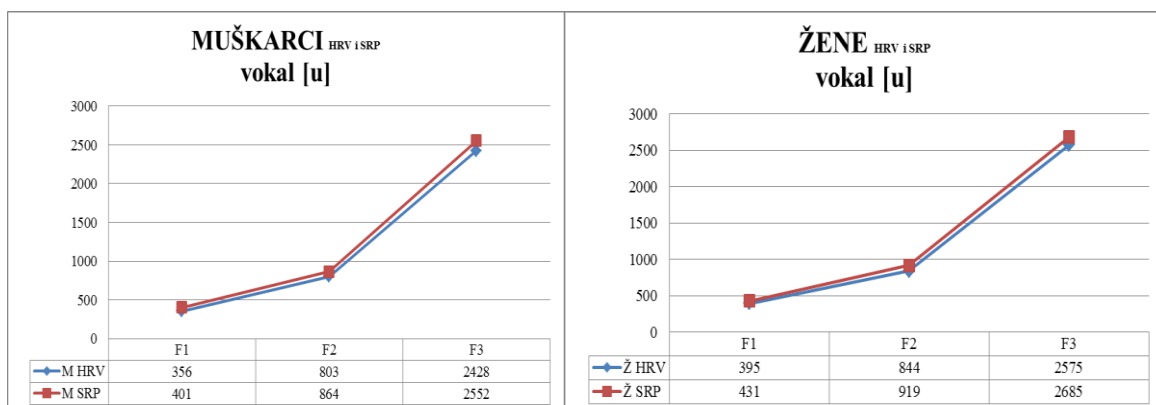
Kod govornika srpskoga jezika više su vrijednosti prvoga formanta što nam govori o većem stupnju otvorenosti pri izgovoru vokala [i] u srpskome jeziku. Značajnost razlike potvrđena je samo kod muškaraca pa možemo reći da je vokal [i] značajno otvoreniji samo kod muških govornika srpskoga jezika.

Vrijednosti F2 i F3 zanimljivoga su kretanja s obzirom na spol. Naime, rezultati nam pokazuju da je utvrđena značajna razlika i između žena i između muškaraca, međutim kod muškaraca su više vrijednosti F2 i F3 kod govornika hrvatskoga jezika, dok su kod žena one više kod govornica srpskoga jezika. Prema tome, mogli bismo zaključiti da je izgovor vokala [i] kod muških govornika hrvatskoga jezika prednjiji, čemu u prilog ide i istraživanje Varošaneć-Škarić i sur. (2016; 2017) te Marković (2006). S druge pak strane, kod ženskih govornika hrvatskoga jezika izgovor je stražnjiji u odnosu na ženske govornike srpskoga jezika.



Slika 33. Prikaz prosječnih vrijednosti formantskih frekvencija (F1-F3) između govornika hrvatskoga i srpskoga jezika istoga spola u vokalu [o] izražene u hercima (Hz).

Slika 33 prikazuje razlike u prosječnim vrijednostima prvih formanta između govornika hrvatskoga i srpskoga jezika, istih spolnih skupina. Rezultati statističke analize pokazali su da razlike između prosječnih formantskih frekvencija između muškaraca nema (na što nam ukazuju i linije na *Slici 33*), dok su kod žena potvrđene značajne razlike kod F1 ( $t(68)=6,7$ ,  $p<0,001$ ) i F3 ( $t(68)=7,63$ ,  $p<0,001$ ). Na temelju rezultata značajnosti razlike i prosječnih vrijednosti formanta, možemo zaključiti da je izgovor vokala [o] kod ženskih govornica hrvatskoga jezika zatvoreniji (niže vrijednosti F1), što je potvrđeno i u istraživanju Varošaneć-Škarić i sur. (2017) te Marković (2006). Izgovor je vokala [o] u hrvatskome i stražnjiji negoli u srpskome jeziku, zbog nižih vrijednosti F3, što je navela i Marković (2006). Veću stražnjost vokala [o] potvrđuju i prosječne vrijednosti F2 kod muških i ženskih govornika u hrvatskome jeziku, koje su niže negoli u srpskome.



Slika 34. Prikaz prosječnih vrijednosti formantskih frekvencija (F1-F3) između govornika hrvatskoga i srpskoga jezika istoga spola u vokalu [u] izražene u hercima (Hz).

Statističkom obradom podataka u kojoj su uspoređene vrijednosti prvih triju formanta između govornika hrvatskoga i srpskoga jezika istoga spola pri izgovoru vokala [u] utvrđen je najveći broj statistički značajnih razlika. Naime, i između žena i između muškaraca potvrđene su značajne razlike u svim formantima (za muškarce: F1:  $t(90)=5,89$ ,  $p<0,001$ ; F2:  $t(90)=7,22$ ,  $p<0,001$  i F3:  $t(90)=5,43$ ,  $p<0,001$  te za žene: F1:  $t(68)=4,76$ ,  $p<0,001$ , F2:  $t(68)=5,34$ ,  $p<0,001$  i F3:  $t(68)=5,53$ ,  $p<0,001$ ). Na temelju linija kojima su prikazane prosječne vrijednosti formanta te numeričkih vrijednosti ispod njih (na *Slici 34*) jasno je da su vrijednosti svih formanta kod govornika hrvatskoga jezika niže negoli kod govornika srpskoga jezika, i to kod obaju spolova. Niže vrijednosti prvoga formanta upućuju na zatvoreniji izgovor vokala [u] kod svih govornika hrvatskoga, u odnosu na govornike srpskoga jezika (što je potvrđeno i u istraživanju Varošaneć-Škarić i sur. (2017) te Marković (2006)). Niže vrijednosti drugoga i trećega formanta (koje su također zabilježene kod Marković (2006)), ukazuju nam na stražnjiji<sup>87</sup> izgovor vokala [u] te na veću protruziju i zaokruženost usana u hrvatskome jeziku, također kod govornika obaju spolova. Drugim riječima, izgovor vokala [u] u hrvatskome se jeziku, u usporedbi s vokalom [u] u srpskome, tumači kao zatvoreniji (stražnjiji) te zaokruženiji.

Na temelju rezultata iznesenih u ovome poglavlju možemo zaključiti da je izgovor vokala:

- [a] u hrvatskome jeziku stražnjiji,
- [e] u hrvatskome jeziku otvoreniji (kod muškaraca) i prednjiji, da se ostvaruje s manje raširenim usnama (kod obaju spolova), ali da je zatvoreniji kod žena,
- [i] u hrvatskome jeziku zatvoreniji i prednjiji kod muškaraca, ali stražnjiji kod žena,
- [o] u hrvatskome jeziku zatvoreniji i stražnjiji kod žena i
- [u] u hrvatskome jeziku zatvoreniji (stražnjiji) te zaokruženiji.

#### **6.1.16. Formantska disperzija između govornika istoga spola u hrvatskome i srpskome jeziku**

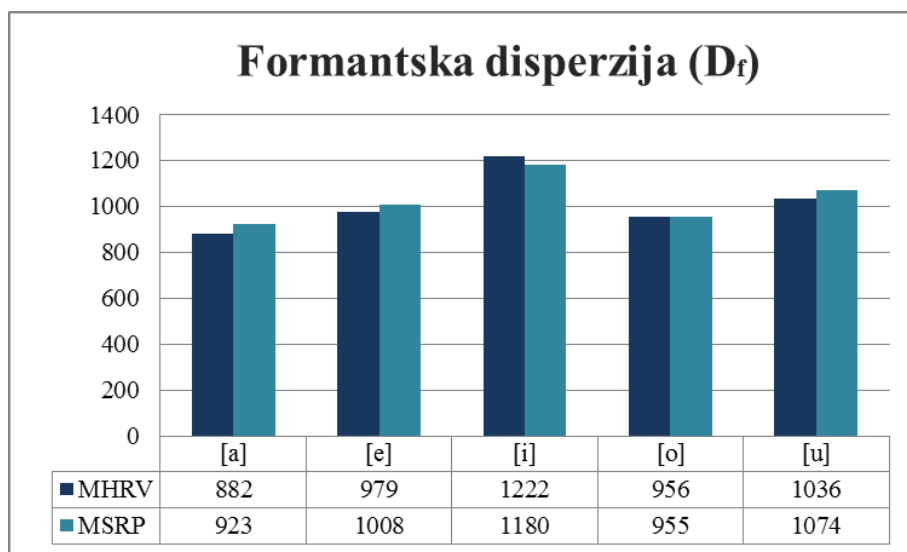
U prethodnim poglavljima opisani su odnosi među formantima kod muških i ženskih govornika hrvatskoga i srpskoga jezika, za svaki vokal zasebno, a potom se utvrdila snaga razlikovnosti pojedinoga formanta (F1-F3) te mjere formantske disperzije ( $D_f$ ). Mjera se formantske disperzije može koristiti kao faktor razlikovanja govornika različitoga spola unutar istoga jezika (u ovome radu između muškaraca i žena u hrvatskome jeziku te između

---

<sup>87</sup> Varošaneć-Škarić u svojim radovima (2010; u tisku) napominje da obilježje stražnjosti nema stupnjeve te iz tog razloga ne savjetuje upotrebu pojma *stražnjiji*.

muškaraca i žena u srpskome jeziku) te kao faktor razlikovanja govornika istoga spola, ali različitoga jezika (između ženskih govornika hrvatskoga i srpskoga jezika te između muških govornika hrvatskoga i srpskoga jezika).  $D_f$  mjeru valjalo bi uvijek tumačiti usporedno s rezultatima prosječnih vrijednosti formanata, zbog prirode njihova izračuna. Naime, vrijednosti F1, F2 i F3 u biti su sirove vrijednosti koje su izravan produkt akustičke analize, dok su  $D_f$  vrijednosti transformirane i izvedene iz prosječnih vrijednosti formanata.

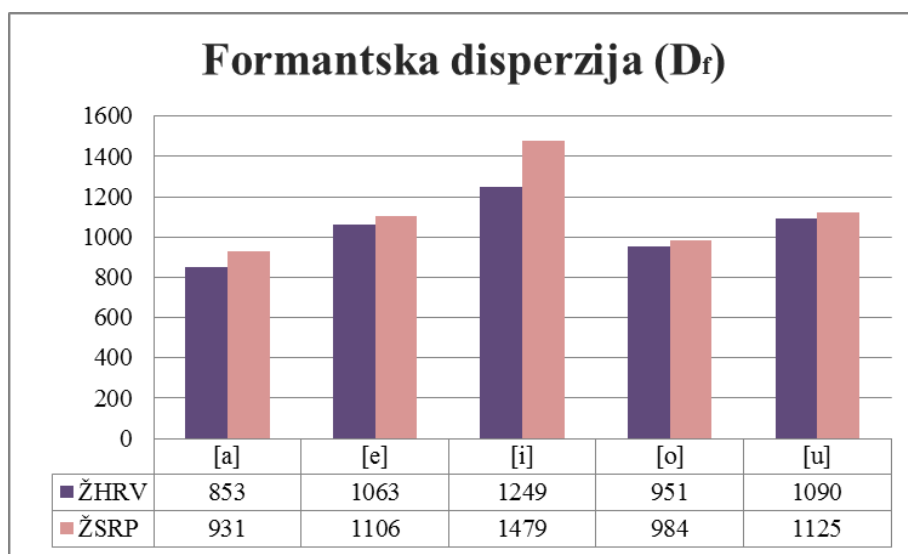
Na *Slici 35* prikazane su razlike u vrijednostima formantske disperzije između muških govornika u hrvatskome i srpskome jeziku. Iz grafikona i numeričkih vrijednosti možemo primijetiti da su vrijednosti  $D_f$  mjere uglavnom više kod govornika srpskoga jezika (u vokalima [a], [e] i [u]). Više vrijednosti kod govornika hrvatskoga jezika zabilježene su pri izgovoru prednjega vokala [i], dok su  $D_f$  vrijednosti kod vokala [o] u skupinama muških govornika obaju analiziranih jezika gotovo podjednake. Iako se  $D_f$  mjera u samim počecima predlagala kao novi akustički parametar kojim bismo mogli imati uvida u duljinu vokalnoga trakta govornika, s obzirom na to da je ona transformirana varijabla (nastala na temelju vrijednosti triju ili četiriju formanata), na nju neminovno utječu i drugi faktori: govornikovo artikulacijsko ponašanje (idiosinkratičke osobine) te jezične specifičnosti. Drugim riječima, na temelju viših vrijednosti  $D_f$  mjere kod govornika srpskoga jezika mogu se izvesti dva zaključka: prvi, govornici srpskoga jezika u prosjeku imaju kraći vokalni trakt od govornika hrvatskoga jezika (kraći vokalni trakt dovodi do viših frekvencija formanata) te drugi: jezične razlike u izgovoru srpskih vokala dovode do viših frekvencija formanata (otvoreniji vokali, prednjiji itd.).



Slika 35. Vrijednosti  $D_f$  mjere između muških govornika hrvatskoga i srpskoga jezika.

U nekim se studijama  $D_f$  mjera (uz druge akustičke mjere:  $F_0$ ,  $F_0 - SD$ ,  $P_f$ ) analizirala s ciljem ispitivanja utjecaja na percepciju govornikove kooperativnosti (Knowles & Little, 2016). Autori u radu tumače da govornici s nižim  $D_f$  vrijednostima imaju veću tjelesnu građu. Puts i suradnici još 1997 g. naglašavaju da rezultate dobivene u provedenoj studiji, prema kojima su govornici s nižim vrijednostima  $D_f$  mjere procijenjeni kao dominantniji, možemo protumačiti u okviru društvene dominantnosti ili prestiža. S obzirom na prethodno spomenute studije, možemo reći da rezultati ove studije ukazuju na mogućnost veće tjelesne građe kod govornika hrvatskoga jezika.

Na *Slici 36* prikazane su razlike u vrijednostima formantske disperzije između ženskih govornika u hrvatskome i srpskome jeziku. Na temelju numeričkih vrijednosti te grafikona prikazanog na slici koja slijedi, razvidno je da govornice hrvatskoga jezika u svim vokalima imaju niže vrijednosti  $D_f$  mjere. S obzirom na to da je ista pojava primijećena i kod govornika muškoga spola u hrvatskome jeziku (ali na nešto manjem broju vokala) za pretpostaviti je da su razlike u vrijednostima formantske disperzije rezultat jezičnih razlika, tj. razlika u izgovoru vokala, koje su se odrazile kako na vrijednostima formanta, tako i u vrijednostima  $D_f$  mjere.



Slika 36. Vrijednosti  $D_f$  mjere između ženskih govornika hrvatskoga i srpskoga jezika.



## **6.2. Rezultati analize fundamentalne frekvencije**

Osim formantske analize govornika obaju spolova u hrvatskome i srpskome jeziku, u radu je analizirana i fundamentalna frekvencija. Nakon deskriptivne analize (u kojoj su iznesene prosječne, medijan, minimalne, maksimalne te SD vrijednosti), rezultati su sagledani u kontekstu prijašnjih istraživanja u hrvatskome i srpskome jeziku. Usporedile su se vrijednosti između govornika različitoga spola u istome jeziku (između govornika muškoga i ženskoga spola u hrvatskome jeziku te između govornika muškoga i ženskoga spola u srpskome jeziku) kao i između govornika istoga spola, ali različitoga jezika (između ženskih govornika u hrvatskome i srpskome jeziku te između govornika muškoga spola u hrvatskome i srpskome jeziku). Na taj način, utvrdile su se spolne te jezične razlike između analiziranih govornika.

U nastavku rada također će se utvrditi širina frekvencijskih raspona fundamentalne frekvencije kod govornika hrvatskoga i srpskoga jezika, zasebno za muškarce i žene, a razlike u vrijednostima dobivenih raspona usporedit će se i među govornicima analiziranih jezika. Na taj način utvrdit će se postoje li, uz očekivane spolne razlike u  $F_0$ , i jezične. S obzirom na to da frekvencijski rasponi nisu statistički pouzdana mjera za utvrđivanje varijabilnosti akustičkoga parametra  $F_0$ , složenom ANOVA analizom ispitat će se značajnosti razlika u varijabilnosti  $F_0$  među govornicima hrvatskoga i srpskoga, zasebno po spolu.

Naposljetku, u radu će se ispitati korelacija između fundamentalne frekvencije te formanta za svaki vokal zasebno te zasebno po spolu i jeziku. Osim toga, utvrdit će se postoji li korelacija između samih formanta, ako postoji, je li ona pozitivna ili negativna te kod kojih vokala. Sve će se korelacije ispitati i složenijim statističkim postupcima, kojima će se utvrditi njihova značajnost.

### **6.2.1. Prosječne vrijednosti fundamentalne frekvencije kod muških i ženskih govornika hrvatskoga jezika**

U ovome poglavlju i onima koji se na njega nastavljaju, obradit će se rezultati višestrukih analiza fundamentalne frekvencije kod govornika obaju spolova u hrvatskome i srpskome jeziku. Vrijednosti će se prvo komentirati u okviru deskriptivne statistike, a potom će se ispitati jesu li razlike u vrijednostima statistički značajne. U okviru deskriptivnih vrijednosti, komentirat će se prosječne vrijednosti te standardna devijacija kao mjera raspršenja. Prosječne su se vrijednosti fundamentalne frekvencije izračunavale uprosječavanjem pojedinačnih vrijednosti za svakoga sudionika i za svaki vokal zasebno (10 vrijednosti  $F_0$  za svaki vokal kod svakoga govornika) u skupini muških i ženskih govornika.

Tablica 18. Prikaz prosječnih vrijednosti i standardne devijacije kod muških i ženskih govornika hrvatskoga jezika (izražene u hercima (Hz)) zasebno za svaki vokal).

vokal	<b>M<sub>HRV</sub></b>		<b>Ž<sub>HRV</sub></b>	
	M	SD	M	SD
[a]	114	14,7	191	17,9
[e]	115	15,5	192	16,5
[i]	121	17,6	205	18,5
[o]	118	16,3	193	16,9
[u]	123	18,7	202	17,7

Na temelju prosječnih vrijednosti fundamentalne frekvencije prikazanih u *Tablici 18*, možemo zaključiti da su prilikom izgovora svih vokala u hrvatskome jeziku muški govornici očekivano imali nižu  $F_0$  u usporedbi sa ženskim glasovima. Iako je mjera raspršenja (SD vrijednosti) kod gotovo svih vokala bila veća kod žena, možemo reći da je stupanj raspršenosti vrlo blizu između govornika različitih spolova istoga jezika. Također, možemo zaključiti da su najniže prosječne vrijednosti fundamentalne frekvencije kod muškaraca i žena u hrvatskome izmjerene kod vokala [a], dok su najviše prosječne vrijednosti kod muškaraca pri izgovoru stražnjega vokala [u], a kod žena tijekom izgovora vokala [i], što je potvrđeno u brojnim studijama (Traunmüller, 1982; Hillenbrand, Getty, Clark, & Wheeler, 1995; Whalen & Levitt, 1995; Whalen et al., 1998 itd.). Zanimljivo, upravo je u vokalima s najvišom prosječnom  $F_0$  zabilježeno najveće raspršenje vrijednosti kod obaju spolova.

O intrinzičnoj  $F_0$  u različitim vokalima provedene su brojne studije na različitim jezicima (Ivić i Lehist, 1965; Traunmüller, 1982; Hillenbrand, Getty, Clark, & Wheeler, 1995; Whalen & Levitt, 1995; Whalen et al., 1998 itd.), od kojih su Whalen i Levitt (1995) iznijeli podatke o do tada 58 provedenih studija na tematiku intrinzične  $F_0$ . Rezultati gotovo svih studija ukazali su na više vrijednosti intrinzične fundamentalne frekvencije kod visokih vokala ([i] i [u]) u odnosu na niske vokale ([a]). Zapanjujuće je da su isti rezultati potvrđeni i na predjezičnom govoru kod djece i gukanju kod beba (Whalen, Levitt, Hsiao, & Smorodinsky, 1995). S obzirom na to da je ostalo neodgovoreno pitanje zbog čega dolazi do takve pojave, Whalen i suradnici (1998) u svojoj studiji nastoje utvrditi je li ova univerzalna pojava automatski rezultat artikulacijskoga ponašanja ili je  $IF_0$  nadzirana pojačana percepcija visine vokala. U prilog potonjoj pretpostavci, u istraživanju se očekivalo da će EMG aktivnost

krikotiroidnoga mišića biti veća kod visokih nego kod niskih vokala, što bi ukazivalo na aktivno nadziranje  $F_0$  (Whalen et al., 1998). Međutim, s obzirom na to da su rezultati provedene studije pokazali da je kod nekih govornika utvrđena pojačana aktivnost krikotiroidnoga mišića, dok je kod drugih nije bilo ili je mješovita, autori zaključuju da rezultati idu u prilog pretpostavci da je  $IF_0$  automatska posljedica uspješne vokalske artikulacije.

Prosječne vrijednosti  $F_0$  svakako valja staviti u kontekst artikulacijskoga napora za pojedine vokale i stupnja mišićne aktivnosti koji je potreban pri izgovoru pojedinoga vokala. Vokal [a] u fonetskoj i široj literaturi (Škarić, 1991; 2007; Jelaska, 2004; Varošaneć-Škarić; 2005; 2010; Horga & Liker, 2016 itd.) opisuje se kao središnji ili vokal prilikom čijega se izgovora središnji dio jezika povlači unatrag te kao otvoreni. S druge pak strane vokal [i] opisuje se kao prednji i zatvoreni. Ako spomenute vokale sagledamo prema kriteriju mišićne aktivnosti, vokal [i] najnapetiji je među vokalima hrvatskoga jezika, dok se vokal [a] opisuje kao najmanje napet, odnosno opušten. Opća mišićna aktivnost ogleda se i u aktivnosti larinksa, pa je prema tome očekivano da je upravo pri izgovoru vokala [a] najniža prosječna  $F_0$ , a pri izgovoru vokala [i] najviša. Tome u prilog idu i ranija istraživanja, primjerice studija Bakrana i Stamenkovića (1990b). Autori su u radu analizirali vrijednosti inherentne  $F_0$  koje su mjerene ovisno o okruženju (zvučno i bezvučno), vrsti naglaska (KS, DS, KU, DU), koartikulacijskome utjecaju te registru. U radu su analizirana četiri muška i tri ženska glasa, a rezultati su pokazali da su vrijednosti  $IF_0$  uglavnom najniže pri izgovoru vokala [a], a najviše pri izgovoru vokala [i] i kod dvojice muških govornika kod vokala [i] i [u], slično kao i u ovome radu.

Tablica 19. Prikaz prosječnih vrijednosti fundamentalne frekvencije kod muških ( $F_{0M}$ ) i ženskih ( $F_{0\text{ž}}$ ) govornika hrvatskoga jezika izraženih u hercima (Hz), s navedenim brojem govornika (N).

	$F_{0M}$	$F_{0\text{ž}}$
<b>Varošaneć-Škarić i sur. (2017)</b>	118 (N=15)	-
<b>Biočina i sur. (2016)</b>	117 (N=37)	-
<b>Kišiček (2012)</b>	105/116 (N=11)	160/189 (N=11)
<b>Varošaneć-Škarić (2010)</b>	116	-
<b>Varošaneć-Škarić (2005)</b>	102	194

	(N=1)	(N=1)
<b>Varošanec-Škarić (1998)</b>	117 (N=104)	-

U ovome je radu, osim prosječnih vrijednosti za svaki vokal hrvatskoga zasebno, izmjerena prosječna fundamentalna frekvencija za muške i ženske govornike, zanemarivši okoline i različite vokale. Uprosječivanjem svih izmjerenih vrijednosti  $F_0$  izračunata je ukupna prosječna vrijednost od 118 Hz za muške govornike hrvatskoga i 197 Hz za ženske (vidi *Tablicu 19*). Varošanec-Škarić (1998) u svojoj disertaciji iznosi rezultate opsežnoga istraživanja (N=207), na temelju kojih su između ostaloga, utvrđene prosječne vrijednosti  $F_0$  (117 Hz) te vrijednosti vrlo ugodnih i lijepih muških i ženskih glasova. Rezultati su pokazali da su ugodni ženski glasovi nižega tona, 151 Hz što je očekivano čak 40-ak Hz (25%) niže od prosječnih vrijednosti iz ovoga rada. Ugodni i lijepi muški glasovi prosječne su  $F_0$  od 84 Hz, što je 30-ak Hz niže od vrijednosti iz ovoga rada. Iako na temelju sniženja u hercima djeluje da su veća sniženja kod žena, relativan udio sniženja  $F_0$  pokazuje nam da su ugodni muški glasovi otprilike za 30% nižih vrijednosti  $F_0$  od prosječne, dok su ženski ugodni i lijepi glasovi niži za otprilike 25%.

U knjizi *Timbar* Varošanec-Škarić (2005) objavljuje prosječne vrijednosti  $F_0$  izmjerene kod različitih govornika, muškoga i ženskoga spola, s obzirom na različite vrsta postavljanja. S obzirom na to da su u ovome radu vrijednosti  $F_0$  mjerene u neutralnim laringalnim postavljanjima i u modalnim fonacijskim tipovima, rezultati će se tumačiti isključivo s tim glasovnim kategorijama. U knjizi autorica navodi prosječnu vrijednost od 102 Hz za muški glas te 194 Hz za ženski glas. Na temelju tih vrijednosti možemo primijetiti da su vrijednosti  $F_0$  kod žena izmjerenih u ovome radu blago više (ukupno 3 Hz) od onih koje navodi Varošanec-Škarić (2005), dok je za muške glasove razlika nešto veća (16 Hz). Autorica je vrijednosti  $F_0$  mjerila i prilikom produženoga izgovora vokala [a], kod muškoga i ženskoga glasa. Vrijednosti su vrlo blizu za ženske glasove (193 Hz kod Varošanec-Škarić (2005) u usporedbi sa 191 Hz izmjerenih u ovome istraživanju), dok je razlika za muške glasove nešto veća (102 Hz kod Varošanec-Škarić (2005) u odnosu na 118 Hz utvrđenih u ovome radu). Prilikom tumačenja rezultata kod kojih je vrlo velika neusklađenost u broju ispitanika (npr. kao u usporedbi prethodno spomenutih rezultata) razlike bi valjalo tumačiti vrlo oprezno i ni u kojem slučaju ne provoditi statističke provjere značajnosti razlike u rezultatima.

Varošanec-Škarić (2010) kasnije deskriptivno opisuje razlike u više akustičkih varijabli između studenata glume i drugih studenata, među kojima i fundamentalnu frekvenciju.

Rezultati nisu pokazali statistički značajnu razliku u prosječnim vrijednostima  $F_0$  između ispitivanih grupa ispitanika, jer je oba puta iznosila oko 116 Hz. Usporedimo li vrijednosti prosječne  $F_0$  dobivene u ovome radu za muške govornike (118 Hz) s onima koje navodi Varošaneć-Škarić (2010) (116 Hz), možemo reći da su vrlo blizu i da je vrijednost prosječne  $F_0$  viša u odnosu na vrijednosti iz 2005. godine iste autorice (102 Hz), vjerojatno zbog većeg broja govornika.

Kišiček (2012) u svojoj doktorskoj disertaciji, između ostaloga, uspoređuje najlošije i najbolje procijenjene govornike hrvatskoga jezika (zasebno muškarce i žene) prema kriteriju regionalnosti. Rezultati su pokazali da su najbolje procijenjeni govornici obaju spolova imali niže vrijednosti  $F_0$  u odnosu na najlošije procijenjene govornike. Iako su vrijednosti  $F_0$  koje Kišiček (2012) navodi za najlošije procijenjene govornike ( $F_{0M}=105$  Hz;  $F_{0\bar{Z}}=160$  Hz) bliže prosječnim vrijednostima u ovome radu (vidi *Tablicu 19*), nego vrijednosti za najbolje procijenjene govornike ( $F_{0M}=116$  Hz;  $F_{0\bar{Z}}=189$  Hz), valjalo bi napomenuti da se kriterij regionalnosti, osim po visini tona, procjenjivao i prema drugim kriterijima (dikcija, naglasci, uгода glasa, LTASS itd.). S druge pak strane, rezultati koje iznosi Kišiček (2012) vrlo su bliski onima koje objavljuje Varošaneć-Škarić (1998) gdje su ugodniji i najbolje procijenjeni glasovi u oba spola, nižih vrijednosti  $F_0$ .

U recentnijim istraživanjima s tematikom mjerenja fundamentalne frekvencije provedene su analize na uzorku većem od 30 govornika, u kojima su se osim standardnih mjera  $F_0$  ispitivale i suvremene forenzičke mjere poput *Baseline* i *AltBaseline*. U istraživanju su uspoređivane vrijednosti  $F_0$  kod 37 muških govornika hrvatskoga jezika i isto toliko muških govornika srpskoga jezika. Vrijednosti  $F_0$  kod muških govornika hrvatskoga jezika (117 Hz) idu u prilog prosječnim vrijednostima dobivenim u ovome radu (118 Hz) te se neznatno razlikuju. Godinu dana kasnije, u istraživanju triju autorica, Varošaneć-Škarić i sur. (2017) uspoređivane su različite mjere  $F_0$  kod muških govornika hrvatskoga, slovenskoga i srpskoga jezika. Rezultati analize pokazali su da muški govornici hrvatskoga imaju najniže prosječne vrijednosti  $F_0$  (118 Hz), potom govornici slovenskoga jezika (199 Hz), dok su najviše vrijednosti  $F_0$  izračunate u skupini govornika srpskoga jezika (123 Hz).

### 6.2.2. Deskriptivne vrijednosti fundamentalne frekvencije kod muških i ženskih govornika srpskoga jezika

Prosječne su se vrijednosti fundamentalne frekvencije kod muških i ženskih govornika u srpskome jeziku izračunavale uprosječivanjem pojedinačnih vrijednosti za svakoga sudionika i za svaki vokal zasebno u skupini muških i ženskih govornika.

Tablica 20. Prikaz prosječnih vrijednosti i standardne devijacije fundamentalne frekvencije kod muških i ženskih govornika srpskoga jezika (izražene u hercima (Hz)) zasebno za svaki vokal).

vokal	$M_{\text{SRP}}$		$\bar{Z}_{\text{SRP}}$	
	M	SD	M	SD
[a]	105	13,9	173	17,2
[e]	107	14,7	175	17,5
[i]	111	15,1	185	19,4
[o]	108	14,8	177	16,7
[u]	110	15,3	182	19,8

Na temelju prosječnih vrijednosti fundamentalne frekvencije prikazanih u *Tablici 20*, možemo zaključiti da su prilikom izgovora svih vokala u srpskome jeziku muški govornici imali očekivano nižu  $F_0$  u usporedbi sa ženskim glasovima. Iako je mjera raspršenja (SD vrijednosti) kod gotovo svih vokala bila veća kod žena, možemo reći da je stupanj raspršenosti vrlo blizu između govornika različitih spolova istoga jezika, kao što je bio slučaj u hrvatskome jeziku. Također, možemo primijetiti da su najniže prosječne vrijednosti fundamentalne frekvencije kod muškaraca i žena u srpskome jeziku utvrđene kod vokala [a], kao i u hrvatskome jeziku, dok su najviše prosječne vrijednosti kod muškaraca i žena izmjerene pri izgovoru prednjega vokala [i]. Rezultati prethodno provedenih studija (Traunmüller, 1982; Hillenbrand, Getty, Clark, & Wheeler, 1995; Whalen & Levitt, 1995; Whalen et al., 1998 itd.), slični su rezultatima dobivenima za govornike obaju spolova i u obama jezicima.

Vrijednosti prosječnih vrijednosti fundamentalne frekvencije u srpskome jeziku, unutar različitih vokala, valja tumačiti kao i u prethodnome poglavlju, stupnjem opće mišićne

aktivnosti. Odnosno, očekivano je  $F_0$  najniža pri izgovoru vokala [a] koji je u usporedbi s drugim vokalima najopušteniji i najotvoreniji, te da je  $F_0$  najviša pri izgovoru vokala [i] koji je najnapetiji i kod kojega je pozicija larinksa viša.

Osim vrijednosti  $F_0$  uprosječenih za svaku spolnu skupinu te za svaki vokal zasebno, u radu su izračunate i prosječne vrijednosti fundamentalne frekvencije zanemarujući pritom različite vokale. Na temelju ukupnoga broja od 46 muškaraca i 35 žena, rezultati analize pokazali su da je prosječna vrijednost  $F_0$  kod muškaraca 108 Hz, a kod žena 179 Hz. U nastavku poglavlja dobivene će se vrijednosti usporediti s prethodnim studijama u srpskome jeziku (vidi *Tablicu 21*).

Tablica 21. Prikaz prosječnih vrijednosti fundamentalne frekvencije kod muških ( $F_{0M}$ ) i ženskih ( $F_{0\mathcal{Z}}$ ) govornika srpskoga jezika izraženih u hercima (Hz), s navedenim brojem govornika (N).

	$F_{0M}$	$F_{0\mathcal{Z}}$
<b>Varošanec-Škarić i sur. (2017)</b>	123 (N=15)	-
<b>Biočina i sur. (2016)</b>	124 (N=37)	-
<b>Jovičić (1999)</b>	121	208

U najranijoj studiji u kojoj je ispitivana frekvencija osnovnoga tona u srpskome jeziku (Ivić & Lehiste, 1965) analizirane su njezine vrijednosti u naglašenom i zanaglasnim slogovima, u trima pozicijama (na početku, na vrhu sloga i na samome kraju). Problematika tumačenja rezultata analizirane  $F_0$  javlja se u metodološkim pojedinostima. Govornici nisu podijeljeni prema spolu, kako je to uobičajeno, nego prema visini glasa. Autori navode da su ukupan broj od 12 govornika podijelili u tri skupine: prvu su sačinjavali govornici s dubljim glasom (N=4), drugu skupinu, govornici sa srednje visokim glasom (N=3), a treću, govornici s visokim glasom (N=3). U prvoj skupini govornika prosječna je  $F_0$  iznosila 125 Hz, što je prema rezultatima u ovome radu najbliže rezultatima za muške govornike. U drugoj skupini govornika, u kojoj su mogli biti govornici muškoga spola viših vrijednosti  $F_0$  te govornici ženskoga spola nižih vrijednosti  $F_0$ , prosječna je vrijednost iznosila 215 Hz, što odgovara vrijednostima za ženski spol dobivenima u ovome radu. U trećoj je skupini  $F_0$  iznosila visokih 271 Hz, koji se prema višim vrijednostima mogu odnositi na više ženske glasove. Vrlo je bitno napomenuti da u izvorišnoj literaturi (Ivić & Lehiste, 1965) nisu navedene detaljnije

postavke metodologije rada te je prema tome otežano komentirati rezultate ovoga istraživanja s onima koji su predstavljeni u ovome radu. Jovičić (1999) u svojoj knjizi iznosi vrijednosti dobivene na vokalima, dok su vrijednosti  $F_0$  utvrđene u radovima Biočina i suradnici (2016) te Varošaneć-Škarić i suradnici (2017) više, jer su izračunate na temelju spontanoga govora posebnom mjerom za fundamentalnu frekvenciju, *Alt\_Baseline*.

### 6.2.3. Značajnost razlike u prosječnim vrijednostima fundamentalne frekvencije u hrvatskome i srpskome jeziku

Nakon što su se u prethodnim poglavljima opisale prosječne te minimalne i maksimalne prosječne vrijednosti fundamentalne frekvencije (između različitih vokala) zasebno u hrvatskome i srpskome jeziku između muških i ženskih govornika, u ovome će se poglavlju opisati razlike među govornicima istoga spola, ali različitoga jezika. Drugim riječima, uspoređivat će se prosječne vrijednosti između ženskih govornika hrvatskoga i srpskoga jezika te muških govornika istih jezika. Nakon toga, ispitat će se statistička značajnost razlike u fundamentalnoj frekvenciji između analiziranih govornika obaju spolova i jezika, prema faktorima spola i jezika.

Na temelju vrijednosti navedenih u *Tablici 22* možemo zaključiti da govornici srpskoga jezika, obaju spolova imaju niže prosječne vrijednosti fundamentalne frekvencije, i to u svim analiziranim vokalima.

Tablica 22. Prikaz prosječnih vrijednosti fundamentalne frekvencije (izražene u hercima (Hz)) kod muških i ženskih govornika hrvatskoga i srpskoga jezika.

vokal	HRV		SRP	
	M	Ž	M	Ž
[a]	114	191	105	173
[e]	115	192	107	175
[i]	121	205	111	185
[o]	118	193	108	177
[u]	123	202	110	182

U istraživanjima Biočina i suradnici (2016) te Varošaneć-Škarić i suradnici (2017) analizirano je nekoliko mjera  $F_0$  među govornicima muškoga spola u hrvatskome i srpskome jeziku.



Rezultati analize temelje se na mjerama  $F_b$  (baseline) te  $Alt\_F_b$  (alt baseline), kojima se utvrdilo da je prosječna  $F_0$  kod govornika hrvatskoga jezika (117 Hz) niža nego kod govornika srpskoga jezika (124 Hz). Rezultati statističke analize pokazali su da su razlike među govornicima statistički značajne. Rezultati iz ovoga rada vrlo su blizu vrijednostima koje navode autori, tj. razlikuju se u samo 1 Hz, dok su prosječne vrijednosti  $F_0$  za govornike srpskoga jezika više za čak 16 Hz u radovima Biočina i sur. (2016) te Varošaneć-Škarić i sur. (2017). Za pretpostaviti je da su metodološke razlike u mjerenju  $F_0$  u različitim govornim stilovima (spontani govor u usporedbi s kontroliranim čitanjem) mogući uzrok u različitim rezultatima, jer druga istraživanja iznose vrijednosti koje su bliže vrijednostima u ovome radu, npr. Jovičić (1999), koji navodi prosječnu vrijednost od 121 Hz izmjerenu u vokalima.

Za provjeru statističke značajnosti razlike u prosječnim vrijednostima fundamentalne frekvencije između govornika istoga spola i različitoga jezika provedena je ANOVA analiza, a značajnost razlike ispitala se za svaki vokal zasebno. Rezultati analize pokazali su da se očekivano muškarci statistički značajno razlikuju od žena u prosječnim vrijednostima fundamentalne frekvencije, neovisno o vokalu te o jeziku. Odnosno, ženski govornici u hrvatskome i srpskome jeziku imaju statistički značajno više vrijednosti  $F_0$  od muških govornika, bez obzira na vokal koji se izgovara. U svim je usporedbama statistička značajnost potvrđena na razini od  $p < 0,001$ , što su u svojoj studiji potvrdili i Torre III i Barlow (2009). Sagledamo li razlike među spolovima u oba jezika u obliku postotka, kao primjerice Pépiot (2014), možemo reći da ženske govornice hrvatskoga jezika imaju u prosjeku za 40% više vrijednosti  $F_0$  od muškaraca, a ženske govornice srpskoga jezika za 39%. Dobivene vrijednosti znatno su niže od onih koje navodi Pépiot (2014) za govornike sjeveroistočnoga američkog engleskog te pariškoga francuskoga (76%) i rezultata studija provedenih na govornicima različitih jezika (Hollien & Paul, 1969; Hollien & Shipp, 1972; Titze, 1989), prema kojima su vrijednosti  $F_0$  kod žena za 75% do 90% više nego kod muškaraca. Rezultate ovoga rada možemo protumačiti u okviru *jezičnih* razlika (i pripadnosti različitim jezičnim porodicama: germanski, romanski i slavenski jezici) i *kulturoloških* razlika, rezultat kojih su manje razlike između prosječnih vrijednosti  $F_0$  među spolovima. Na rezultate su također mogle utjecati metodološke razlike (različite metode mjerenja  $F_0$  te tehnička ograničenja prije 50-ak godina).

Osim usporedbe govornika prema faktoru spola, govornici su se uspoređivali i prema jezičnom faktoru. Ispitala se značajnost razlike u  $F_0$  između muških govornika hrvatskoga i srpskoga jezika te značajnost razlike u  $F_0$  između ženskih govornika istih jezika. Rezultati

analize pokazali su da govornici srpskoga jezika (obaju spolova) imaju statistički značajno nižu  $F_0$  u svim analiziranim vokalima:

- vokal [a] –  $F(1,157)=29,3$ ,  $p<0,001$ ,
- vokal [e] –  $F(1,157)=23,6$ ,  $p<0,001$ ,
- vokal [i] –  $F(1,157)=28,2$ ,  $p<0,001$ ,
- vokal [o] –  $F(1,157)=26,5$ ,  $p<0,001$  i
- vokal [u] –  $F(1,157)=34,7$ ,  $p<0,001$ .

#### **6.2.4. Frekvencijski rasponi fundamentalne frekvencije kod muških i ženskih govornika hrvatskoga jezika**

U akustičkim fonetskim studijama uobičajeno je opisivanje kretanja fundamentalne frekvencije uz pomoć deskriptivne statistike (John-Lewis, 1986; Škarić, 1991; Traumüller & Eriksson, 1994; Bakran, 1996; Varošanec-Škarić, 2005; Varošanec, 2010; Pépiot, 2014), koja uglavnom uključuje prosječnu vrijednost (aritmetičku sredinu), centralnu vrijednost (medijan), minimalnu i maksimalnu vrijednost te stupanj varijabilnosti (koji se može računati na različite načine: mjerom standardne devijacije, prosječnim apsolutnim odstupanjem itd.). Raspon fundamentalne frekvencije tako se može opisivati u obliku graničnih frekvencija (minimalne i maksimalne vrijednosti) ili u veličini raspona, koji je izražena razlikom maksimalne i minimalne vrijednosti<sup>88</sup>. U nastavku rada prikazat će se rasponi i veličine raspona, kao i njihov stupanj varijabilnosti na temelju faktora spola i jezika, statističkim pokazateljem prosječnoga apsolutnoga odstupanja.

S obzirom na to da pojedinačni rezultati u izračunu frekvencijske vrijednosti  $F_0$  mogu uvelike (neopravdano) umanjiti ili povećati konačan rezultat, statistički je opravdanije za potrebe utvrđivanja frekvencijskih raspona, minimalne i maksimalne vrijednosti odrediti na temelju prosječnih vrijednosti. Prema tome, za svakoga je sudionika izračunat prosjek  $F_0$  pri izgovoru pojedinoga vokala (zanemarujući pritom okoline). Na taj način dobiveni rasponi  $F_0$  predstavljaju stabilniju mjeru raspona, negoli oni rasponi koji bi se temeljili na pojedinačnim minimalnim i maksimalnim vrijednostima  $F_0$  u svakome čitanju (od njih 10 za svaki vokal). Stabilnost mjere raspona uspoređena je izračunavanjem raspona bez uprosječivanja pojedinačnih izgovora za svaki vokal kod svakoga govornika, s rasponom koji se temelji na prosječnim vrijednostima za svaki vokal zasebno. Primjenom nestabilnije mjere raspona

---

<sup>88</sup> U inozemnoj literaturi učestalo se koristi termin *frequency span* (Majewski, Hollien, & Zalewski, 1972).

(temeljene na neuprosječenim vrijednostima) opaženi su rasponi drastično varirali. Primjerice, u nekim su usporedbama zabilježene vrijednosti veće od 100 Hz.

Tablica 23. Prikaz minimalnih i maksimalnih prosječnih vrijednosti fundamentalne frekvencije (izražene u hercima (Hz)) kod muških i ženskih govornika hrvatskoga jezika.

	M		Ž	
vokal	min	max	min	max
[a]	82	157	161	228
[e]	82	158	160	230
[i]	87	165	166	236
[o]	87	154	160	231
[u]	90	157	167	241

Na temelju gore navedene tablice (Tablica 23), možemo vidjeti da su najniže minimalne prosječne vrijednosti  $F_0$  kod muškaraca<sup>89</sup> zabilježene pri izgovoru vokala [a] i [e] (82 Hz), a kod žena pri izgovoru vokala [e] i [o] (160 Hz). Najviše minimalne prosječne vrijednosti  $F_0$  kod muškaraca i žena zabilježene su pri izgovoru vokala [u] (90 Hz i 167 Hz). Najniže maksimalne prosječne vrijednosti  $F_0$  kod muškaraca zabilježene su pri izgovoru vokala [o] (154 Hz), a najviše kod vokala [e] (160 Hz). Kod žena, najniže su maksimalne vrijednosti  $F_0$  zabilježene kod vokala [a] (228 Hz), a najviše kod vokala [u] (241 Hz).

Iz Tablice 23 razvidan je raspon prosječne  $F_0$  kod muškaraca od 85 Hz do 158 Hz te raspon od 162 Hz do 233 Hz kod žena (uprosječno na razini svih pet vokala hrvatskoga jezika). Osim navođenja i suprotstavljanja minimalnih i maksimalnih vrijednosti u određivanju raspona, isti se može tumačiti i na temelju razlike tih vrijednosti (vidi Tablicu 24).

Tablica 24. Prikaz veličine raspona fundamentalne frekvencije (izražene u hercima (Hz)) kod muških i ženskih govornika hrvatskoga jezika.

vokal	M	Ž
[a]	75	66
[e]	76	70

<sup>89</sup> Kod analize fundamentalne frekvencije kod muškaraca valja naglasiti da se spektralno provjeravalo je li vrlo niska vrijednost  $F_0$  rezultat uobičajene laringalizacije na kraju rečenice (i u tom se slučaju vrijednost zanemarila) ili je riječ o dubokom, odnosno vrlo dubokom glasu, čija je  $F_0$  bila vrlo niska i u drugim dijelovima rečenice.

[i]	77	70
[o]	66	71
[u]	67	73

Na temelju frekvencijskih raspona navedenih u *Tablici 24*, zasebno za svaki vokal, po faktoru spola u okviru govornika hrvatskoga jezika, možemo primijetiti da muškarci uglavnom imaju nešto širi raspon fundamentalne frekvencije nego žene. Primjerice, kod vokala [a], [e] te [i] muškarci imaju od 7 do 9 Hz širi raspon nego žene, dok je kod žena raspon nešto širi (od 5 do 8 Hz) pri izgovoru stražnjih vokala [o] i [u]. Na temelju raspona fundamentalne frekvencije prikazane na ovaj način, proizlazi zaključak da muški govornici hrvatskoga jezika uglavnom imaju širi frekvencijski raspon  $F_0$  negoli ženski te da ima je fundamentalna frekvencija varijabilnija nego kod žena.

#### 6.2.5. Frekvencijski rasponi fundamentalne frekvencije kod muških i ženskih govornika srpskoga jezika

Na temelju vrijednosti analiziranih kod svih govornika, zasebno su za svaki vokal srpskoga jezika kod pojedinoga govornika, izračunate minimalne i maksimalne prosječne vrijednosti fundamentalne frekvencije. U *Tablici 25* prikazane su vrijednosti zasebno za svaki vokal, prema faktoru spola. Iz dolje navedene tablice, možemo vidjeti da su najniže minimalne prosječne vrijednosti  $F_0$  kod muškaraca zabilježene pri izgovoru vokala [e] (80 Hz), a kod žena pri izgovoru vokala [a] (140 Hz). Najviše minimalne prosječne vrijednosti  $F_0$  kod muškaraca zabilježene su pri izgovoru triju vokala ([a], [o] i [u] i iznose otprilike 85 Hz), a kod žena pri izgovoru vokala [i] (154 Hz). Najniže maksimalne prosječne vrijednosti  $F_0$  kod muškaraca zabilježene su pri izgovoru vokala [a] (142 Hz), a najviše kod vokala [i] i [u] (157 Hz). Kod žena, najniže su maksimalne vrijednosti  $F_0$  zabilježene kod vokala [o] (206 Hz), a najviše kod vokala [u] (235 Hz).

Tablica 25. Prikaz minimalnih i maksimalnih prosječnih vrijednosti fundamentalne frekvencije (izražene u hercima (Hz)) kod muških i ženskih govornika srpskoga jezika.

vokali	SRP <sub>M</sub>		SRP <sub>Ž</sub>	
	min	max	min	max
[a]	85	142	140	210
[e]	80	148	144	223

[i]	82	157	154	221
[o]	85	152	145	206
[u]	85	157	148	235

Na temelju gore navedene tablice, možemo primijetiti da raspon prosječne  $F_0$  kod muškaraca seže od 83 Hz do 151 Hz te da se raspon kod žena proteže od 146 Hz do 219 Hz (uprosječno na razini svih pet vokala srpskoga jezika). Osim navođenja i suprotstavljanja minimalnih i maksimalnih vrijednosti u određivanju raspona, isti se može tumačiti i na temelju razlike tih vrijednosti (vidi *Tablicu 26*).

Tablica 26. Prikaz veličine raspona fundamentalne frekvencije (izražene u hercima (Hz)) kod muških i ženskih govornika srpskoga jezika.

vokali	M	Ž
[a]	57	69
[e]	68	79
[i]	75	66
[o]	67	61
[u]	72	87

Na temelju raspona navedenih u *Tablici 26*, zasebno za svaki vokal srpskoga jezika, po faktoru spola, možemo primijetiti da žene uglavnom imaju širi raspon fundamentalne frekvencije nego muškarci, za razliku od govornika hrvatskoga jezika. Primjerice, kod vokala [a], [e] i [u] žene imaju od 11 do 15 Hz širi raspon nego muškarci, dok je raspon kod muškaraca nešto širi (od 6 do 9 Hz) pri izgovoru prednjega vokala [i] te stražnjega [o]. Na temelju raspona fundamentalne frekvencije prikazane na ovaj način, proizlazi zaključak da ženski govornici srpskoga jezika uglavnom imaju širi raspon negoli muški. Ta saznanja navode nas na zaključak da ženski govornici srpskoga jezika imaju razvedeniju i varijabilniju fundamentalnu frekvenciju negoli muškarci.

### 6.2.6. Frekvencijski rasponi i varijabilitet fundamentalne frekvencije u hrvatskome i srpskome jeziku

S obzirom na to da gotovo i nema radova o intonaciji u srpskome jeziku (osim Jokanović-Mihajlov, 2007)<sup>90</sup> te da se perceptivno rečenična intonacija u srpskome jeziku doživljava razvedenijom u odnosu na onu u hrvatskome, očekuje se da će govornici obaju spolova u srpskome jeziku imati širi frekvencijski raspon od govornika u hrvatskome. U prethodnim su poglavljima opisani frekvencijski rasponi kod govornika hrvatskoga i srpskoga jezika, zasebno po spolu, a u ovome će se poglavlju usporediti razlike između frekvencijskih raspona u oba analizirana jezika.

Na temelju vrijednosti raspona (koja se izračunava razlikom maksimalnih i minimalnih prosječnih vrijednosti fundamentalne frekvencije) po faktorima spola i nacionalnosti, prikazanima u *Tablici 27*, možemo primijetiti da govornici hrvatskoga jezika muškoga spola uglavnom imaju širi frekvencijski raspon fundamentalne frekvencije negoli govornici muškoga spola u srpskome jeziku. Sagledamo li rezultate prema u okviru čitavoga vokalskoga sustava, govornici hrvatskoga jezika muškoga spola pri izgovoru vokala [a], [e] te [i] imaju širi raspon, dok muški govornici srpskoga jezika imaju širi raspon pri izgovoru stražnjih vokala [o] i [u]. Govornice srpskoga jezika imaju širi raspon pri izgovoru vokala [a], [e] i [u], a govornice hrvatskoga jezika kod ostalih vokala.

Tablica 27. Frekvencijski rasponi fundamentalne frekvencije (izraženi u hercima (Hz)) kod govornika muškoga i ženskoga spola u hrvatskome i srpskome jeziku.

	Hrvati		Srbi	
vokali	M	Ž	M	Ž
[a]	75	66	57	69
[e]	76	70	68	79
[i]	77	70	75	66
[o]	66	71	67	61
[u]	67	73	72	87

S obzirom na to da se frekvencijski rasponi u ovome obliku statistički gledano ne smatraju stabilnim i pouzdanim pokazateljem, postavlja se pitanje je li opravdano koristiti ovu mjeru

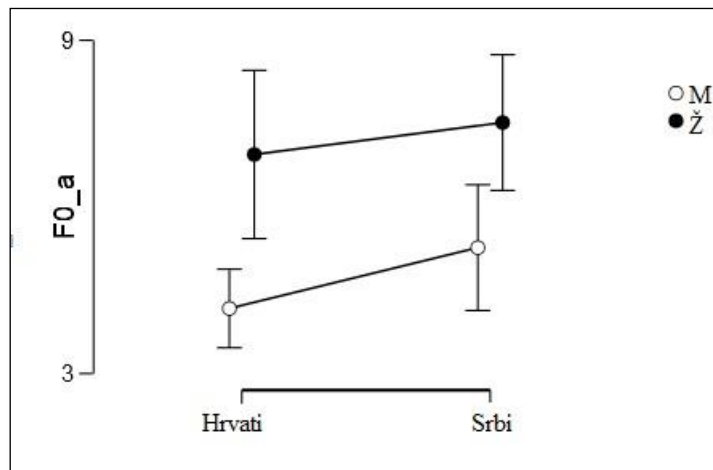
<sup>90</sup> Prema saznanjima autorice.

pri opisu rezultata? Ako se ugledamo na prethodne inozemne i tuzemne radove (John-Lewis, 1986; Škarić, 1991; Traummüller & Eriksson, 1994; Bakran, 1996; Varošaneć-Škarić, 2005; Varošaneć-Škarić, 2010; Pépiot, 2014 itd.) možemo primijetiti da je frekvencijski raspon vrlo čest deskriptivni oblik prikaza rezultata  $F_0$  u fonetskim radovima. Međutim, problematika kod ovoga tipa opisa javlja se kod izvođenja općih zaključaka na temelju ovako nestabilnoga i nepouzdanoga pokazatelja raspona  $F_0$ , iako njihova značajnost nije statistički provjerena (npr. prosječnim apsolutnim odstupanjem). Iz tog razloga, u ovom će se poglavlju ispitati imaju li ženski govornici obaju jezika značajno širi raspon od muškaraca i imaju li govornici hrvatskoga jezika uži raspon od govornika srpskoga jezika.

Za svakoga govornika (za svaki vokal zasebno, zanemarujući okoline) izračunate su vrijednosti prosječnog apsolutnog odstupanja te su na tim vrijednostima provedene složene ANOVA (2x2) analize varijance, koristeći spol i jezik kao faktore. Nakon toga izračunati su parovi t-testova (*Mann-Whitneyev test*) kao planirane usporedbe te su zasebno uspoređeni žene i muškarci u dvama jezicima. Variranje fundamentalne frekvencije kod izgovora svakoga vokala zasebno, predstavljalo je zavisnu varijablu.

#### *Varijabilitet fundamentalne frekvencije pri izgovoru vokala [a]*

Za vrijednosti fundamentalne frekvencije u vokalu [a] izračunata je složena ANOVA koristeći faktore spol i jezik. Rezultati analize pokazali su značajan efekt spola ( $F(1,157)=19,91$ ,  $p<,001$ ), pri čemu su ženske sudionice imale veći varijabilitet fundamentalne frekvencije od muškaraca. Stupanj varijabilnosti može se iščitati iz *Slike 37* na kojoj je veća varijabilnost iskazana višim vrijednostima na osi y.



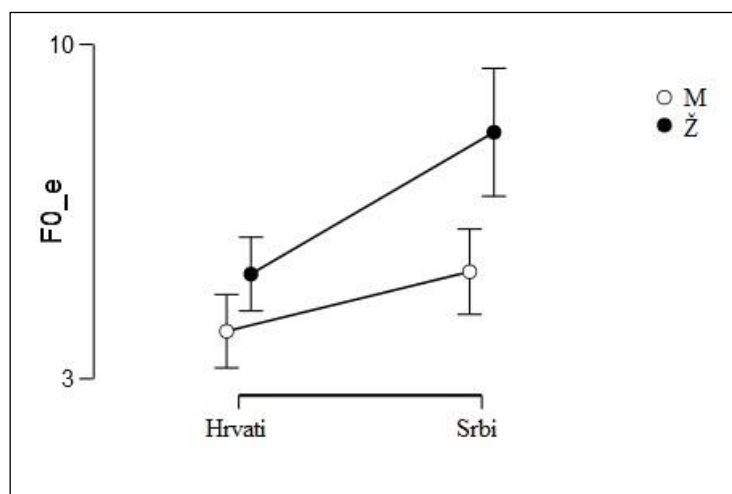
Slika 37. Varijabilnost fundamentalne frekvencije prema faktorima spola i jezika, pri izgovoru vokala [a].

Faktor jezika ( $F(1,157) = 2,198$ ,  $p > 0,05$ ) i interakcija spola i jezika ( $F(1,157) = 0,21$ ,  $p > 0,05$ ) pri izgovoru vokala [a] nisu bili značajni, što nam govori da se Hrvati i Srbi ne razlikuju u variranju fundamentalne frekvencije te da ne postoji međudjelovanje spola i jezika na variranje. Planirane usporedbe t-testovima pokazale su neznačajne razlike u variranju fundamentalne frekvencije između muških govornika hrvatskoga i srpskoga jezika ( $t(90) = 1,65$ ,  $p > 0,05$ ) te između ženskih govornika hrvatskoga i srpskoga jezika ( $t(67) = 0,60$ ,  $p > 0,05$ ).

#### *Varijabilitet fundamentalne frekvencije pri izgovoru vokala [e]*

Za vrijednosti fundamentalne frekvencije pri izgovoru vokala [e] izračunata je složena ANOVA koristeći spol i jezik kao faktore. Rezultati analize pokazali su značajan efekt spola ( $F(1,157) = 19,21$ ,  $p < 0,001$ ), pri čemu su ženske sudionice imale veći varijabilitet fundamentalne frekvencije od muškaraca. Stupanj varijabilnosti može se iščitati iz *Slike 38* na kojoj je veća varijabilnost iskazana višim vrijednostima na osi y.





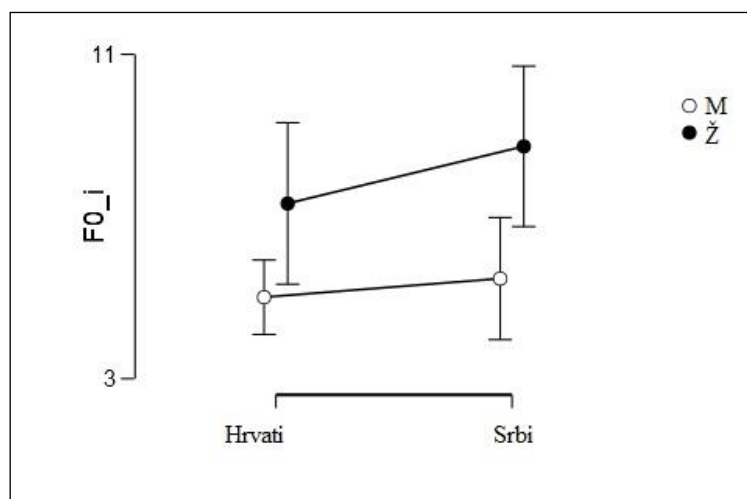
Slika 38. Varijabilnost fundamentalne frekvencije prema faktorima spola i jezika pri izgovoru vokala [e].

Rezultati su pokazali da pri izgovoru vokala [e] jezični faktor ima značajnu ulogu, odnosno da se Hrvati i Srbi značajno razlikuju ( $F(1,157)=20,125$ ,  $p<,001$ ) u variranju fundamentalne frekvencije. Na temelju *Slike 38* možemo zaključiti da  $F_0$  više varira kod žena nego kod muškaraca te da više varira kod Srba nego kod Hrvata. U interakciji spola i jezika, rezultati pri izgovoru vokala [e] nisu bili značajni ( $F(1,157)=0,21$ ,  $p>,05$ ) što nam govori da ne postoji međudjelovanje spola i jezika na variranje  $F_0$ .

Planirane usporedbe t-testovima pokazale su značajne razlike u variranju fundamentalne frekvencije između muških govornika hrvatskoga i srpskoga jezika ( $t(90)=2,13$ ,  $p<,05$ ) te između ženskih govornika hrvatskoga i srpskoga jezika ( $t(67)=3,94$ ,  $p<,05$ ).

#### *Varijabilitet fundamentalne frekvencije pri izgovoru vokala [i]*

Za vrijednosti fundamentalne frekvencije pri izgovoru vokala [i] izračunata je složena ANOVA koristeći faktore spola i jezika. Rezultati analize pokazali su značajan efekt spola ( $F(1,157)=12,68$ ,  $p<,001$ ), pri čemu su ženske sudionice imale veći varijabilitet fundamentalne frekvencije od muškaraca. Stupanj varijabilnosti može se iščitati iz *Slike 39* na kojoj je veća varijabilnost iskazana višim vrijednostima na osi y.

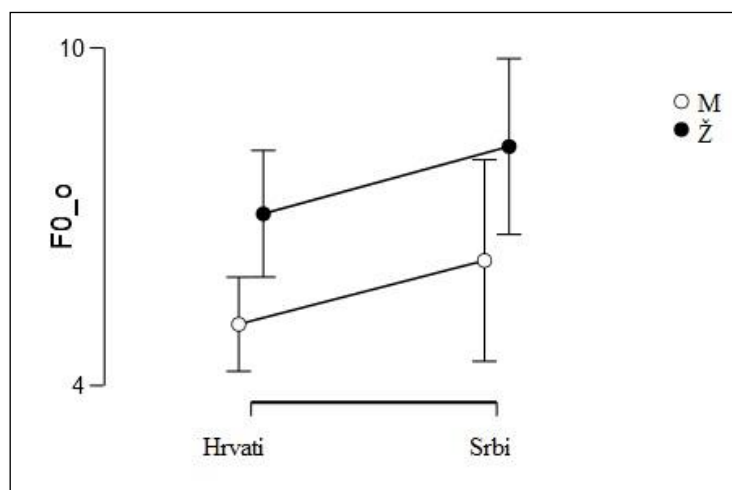


Slika 39. Varijabilnost fundamentalne frekvencije prema faktorima spola i jezika pri izgovoru vokala [i].

Jezični faktor ( $F(1,157)=1,42$ ,  $p>,05$ ) i interakcija spola i jezika ( $F(1,157)=0,37$ ,  $p>,05$ ) pri izgovoru vokala [i] nisu bili značajni, što nam govori da se Hrvati i Srbi ne razlikuju u variranju fundamentalne frekvencije te da ne postoji međudjelovanje spola i jezika na variranje. Planirane usporedbe t-testovima pokazale su neznačajne razlike u variranju fundamentalne frekvencije između muških govornika hrvatskoga i srpskoga jezika ( $t(90)=0,52$ ,  $p>,05$ ) te između ženskih govornika hrvatskoga i srpskoga jezika ( $t(67)=1,02$ ,  $p>,05$ ).

#### *Varijabilitet fundamentalne frekvencije pri izgovoru vokala [o]*

Za vrijednosti fundamentalne frekvencije pri izgovoru vokala [o] izračunata je složena ANOVA koristeći spol i jezik kao faktore. Rezultati analize pokazali su značajan efekt spola ( $F(1,157)=8,157$ ,  $p=,005$ ), pri čemu su ženske sudionice imale veći varijabilitet fundamentalne frekvencije od muškaraca. Pritom valja istaknuti da je značajnost varijabilnosti  $F_0$  s obzirom na spol granična (gornja granica  $p$  vrijednosti). Stupanj varijabilnosti može se iščitati iz *Slike 40*.

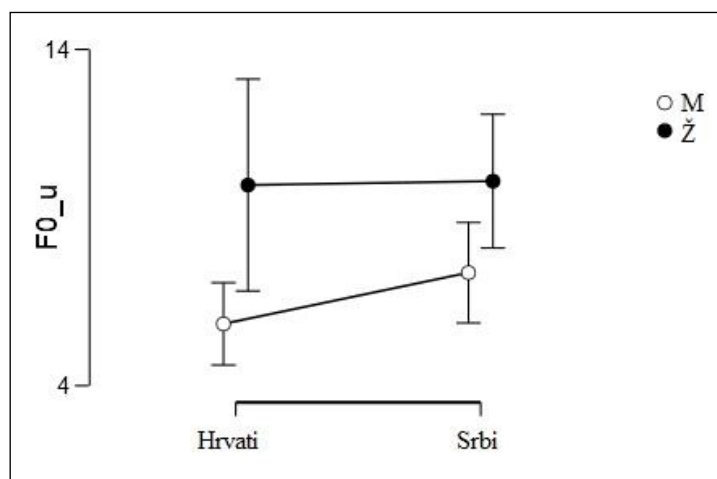


Slika 40. Varijabilnost fundamentalne frekvencije prema faktorima spola i jezika pri izgovoru vokala [o].

Jezični faktor ( $F(1,157)=2,77$ ,  $p>,05$ ) i interakcija spola i jezika ( $F(1,157)=0,002$ ,  $p>,05$ ) pri izgovoru vokala [o] nisu bili značajni, što nam govori da se Hrvati i Srbi ne razlikuju u variranju fundamentalne frekvencije te da ne postoji međudjelovanje spola i nacionalnosti na njezino variranje. Planirane usporedbe t-testovima pokazale su neznačajne razlike u variranju fundamentalne frekvencije između muških govornika hrvatskoga i srpskoga jezika ( $t(90)=1,27$ ,  $p>,05$ ) te između ženskih govornika hrvatskoga i srpskoga jezika ( $t(67)=1,15$ ,  $p>,05$ ).

#### *Varijabilitet fundamentalne frekvencije pri izgovoru vokala [u]*

Rezultati analize pokazali su značajan efekt spola ( $F(1,157)=12,45$ ,  $p<,001$ ), pri čemu su ženske sudionice imale veći varijabilitet fundamentalne frekvencije od muškaraca. Stupanj varijabilnosti kod vokala [u] vidljiv je i na *Slici 41* na kojoj je veća varijabilnost iskazana višim vrijednostima na osi y.



Slika 41. Varijabilnost fundamentalne frekvencije prema faktorima spola i jezika pri izgovoru vokala [u].

Jezični faktor ( $F(1,157)=0,71$ ,  $p>0,05$ ) i interakcija spola i jezika ( $F(1,157)=0,52$ ,  $p>0,05$ ) pri izgovoru vokala [u] nisu bili značajni, što nam govori da se Hrvati i Srbi ne razlikuju u variranju fundamentalne frekvencije te da ne postoji međudjelovanje spola i jezika na njezino variranje. Planirane usporedbe t-testovima pokazale su neznčajne razlike u variranju  $F_0$  između muških govornika hrvatskoga i srpskoga jezika ( $t(90)=1,59$ ,  $p>0,05$ ) te između ženskih govornika ( $t(67)=0,06$ ,  $p>0,05$ ).

Uspoređivanjem širine frekvencijskoga raspona (izračunatom razlikom maksimalnih i minimalnih prosječnih vrijednosti  $F_0$ ) te značajnosti stupnja varijabilnosti  $F_0$  (koja je dobivena statističkim postupkom određivanja prosječnoga apsolutnog odstupanja) između govornika različitoga spola, a istoga jezika te istoga spola, a različitoga jezika, možemo izvesti nekoliko zaključaka:

- *širina frekvencijskoga raspona  $F_0$* 
  - 1) frekvencijski raspon  $F_0$  uglavnom je širi kod govornika muškoga spola hrvatskoga jezika (pri izgovoru vokala [a], [e] te [i]) nego kod ženskoga spola,
  - 2) frekvencijski raspon  $F_0$  uglavnom je širi kod govornika ženskoga spola srpskoga jezika (pri izgovoru vokala [a], [e] te [u]) negoli kod muškoga spola,
  - 3) frekvencijski raspon  $F_0$  uglavnom je širi kod govornika muškoga spola hrvatskoga jezika (pri izgovoru vokala [a], [e] te [i]) u usporedbi s rasponom  $F_0$  kod muških govornika srpskoga jezika,

- 4) frekvencijski raspon  $F_0$  uglavnom je uži kod ženskih govornika hrvatskoga jezika (pri izgovoru vokala [a], [e] te [u]) nego kod ženskih govornika srpskoga jezika;
- *stupanj varijabilnosti  $F_0$* 
  - 5) pri izgovoru svih vokala ([a], [e], [i], [o] te [u]) u fundamentalnoj frekvenciji značajno više variraju žene nego muškarci u oba analizirana jezika,
  - 6) govornici obaju spolova srpskoga jezika statistički značajno više variraju u  $F_0$  u odnosu na govornike hrvatskoga jezika samo pri izgovoru vokala [e] (pri izgovoru ostalih vokala nema statističke značajnosti po jezičnome kriteriju).

S obzirom na vrijednosti  $F_0$  koje su iznesene u ovome poglavlju razvidno je da su rezultati frekvencijskih raspona kontradiktorni onima koji se temelje na prosječnim apsolutnim odstupanjima, odnosno vrijednostima stupnja varijabilnosti  $F_0$ . Prema tome, valjalo bi zaključiti da se širina frekvencijskoga raspona fundamentalne frekvencije može koristiti isključivo u fonetskim opisima kretanja  $F_0$ , ali bi se u tom slučaju valjalo zadržati na deskriptivnoj razini. Za detaljniju i snažniju interpretaciju rezultata korisno bi bilo upotrijebiti strože i pouzdanije statističke alate i postupke na temelju kojih je moguće izvoditi zaključke na općoj razini.

Zaključno, možemo reći da je varijabilnost  $F_0$  u ovome radu opisana prema faktorima spola i jezika te da su se razlike među analiziranim faktorima ispitala prema značajnosti. Rezultati prijašnjih studija o varijabilnosti  $F_0$  između muškaraca i žena pokazali su da nije riječ o univerzalnome fenomenu, nego da razlike mogu biti jezično specifične ili mogu biti rezultat različitih vrsta govornih stilova (čitanje, spontani govor, izoliran izgovor vokala itd.) (Traunmüller & Eriksson, 1994). S obzirom na to da su svi govornici analizirani u ovome radu snimljeni u istome govornom stilu, za pretpostaviti je da će se dobivena razlika moći komentirati u okviru jezičnih razlika. Prema tome, možemo reći da rezultati analize govornika hrvatskoga jezika idu u prilog onima koje iznose (Rappaport, 1958) za njemački jezik, Chevie-Müller i Gremy (1967) (prema Traunmüller & Eriksson, 1994) francuski jezik, Johns-Lewis (1986) zatim za konverzacijski govorni stil u engleskom jeziku te za kineski jezik Rose (1991). S druge pak strane, rezultati varijabilnosti u srpskome jeziku idu u prilog drugim studijama (Boë et al., 1975; Takefuta et al., 1967, prema Traunmüller & Eriksson, 1994) u kojima je veća varijabilnost utvrđena kod ženskih govornika francuskoga i engleskoga jezika.

### 6.2.7. Varijabilnost fundamentalne frekvencije u vokalima hrvatskoga jezika

Za potrebe utvrđivanja varijabilnosti fundamentalne frekvencije u različitim vokalima hrvatskoga jezika, zasebno za muške i ženske govornike, bilo je potrebno izračunati vrijednosti prosječnog apsolutnog odstupanja za svakoga govornika te za svaki vokal zasebno. Na dobivenim vrijednostima provedena je ANOVA analiza za ponovljena mjerenja.

Rezultati su pokazali statistički značajnu razliku u variranju  $F_0$  u usporedbi vokala [a], [e], [i], [o] i [u] i u skupini muških govornika hrvatskoga jezika ( $F(4,132)=8,19$ ,  $p<,001$ ,  $\eta^2=,15$ ) i u skupini ženskih govornika ( $F(4,132)=4,63$ ,  $p<,005$ ,  $\eta^2=,12$ ). U *Tablici 28* možemo vidjeti da je najveće raspršenje vrijednosti  $F_0$  i kod muškaraca (4,12) i kod žena (9,29) zabilježeno pri izgovoru vokala [u]. Najmanje raspršenje  $F_0$  kod muškaraca dobiveno je za izgovor vokala [a] (2,38), a kod žena pri izgovoru vokala [e] (2,28).

Osim deskriptivnih podataka koji ne ispituju statističku značajnost uspoređivanih vrijednosti, učinjeni su i naknadni t-testovi za zavisna mjerenja. Rezultati su pokazali statistički značajnu razliku varijabilnosti  $F_0$  u skupini muškaraca u usporedbi vokala [a] s vokalima: [i] ( $t(2,45)$ ,  $p<,05$ ), [o] ( $t(2,95)$ ,  $p=,005$ ) i [u] ( $t(3,45)$ ,  $p=,001$ ), pri čemu je varijabilnost  $F_0$  bila niža u izgovoru vokala [a]. U skupini ženskih govornika rezultati su pokazali statistički značajnu razliku varijabilnosti  $F_0$  samo u usporedbi vokala [a] i [e] ( $t(33)=2,43$ ,  $p<0,05$ ), pri čemu je varijabilnost bila viša pri izgovoru vokala [a].

Tablica 28. Prikaz raspršenja vrijednosti  $F_0$  kod muškaraca i žena u različitim vokalima hrvatskoga jezika.

	M	Ž
vokali	SD $F_0$	SD $F_0$
[a]	2,38	4,34
[e]	2,59	2,28
[i]	3,09	5,81
[o]	2,82	3,28
[u]	4,12	9,29

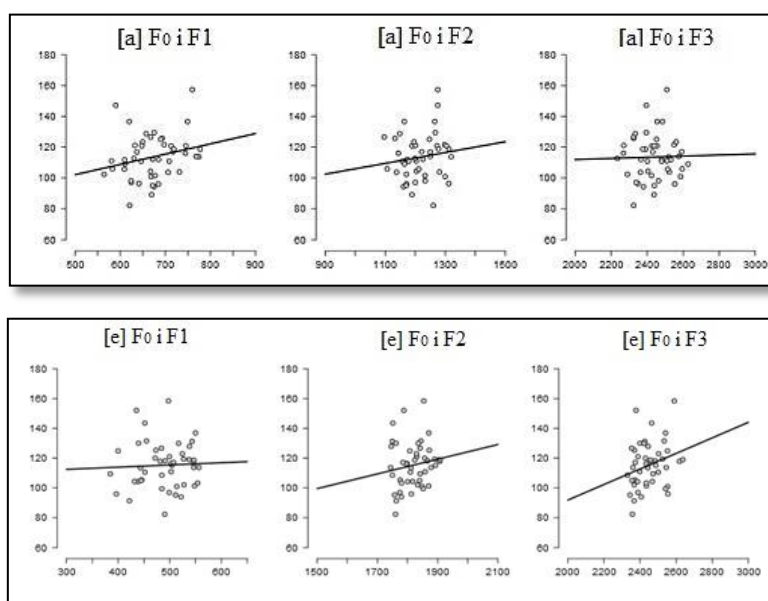
### 6.3. Korelacija formantskih frekvencija i fundamentalne frekvencije u hrvatskome jeziku

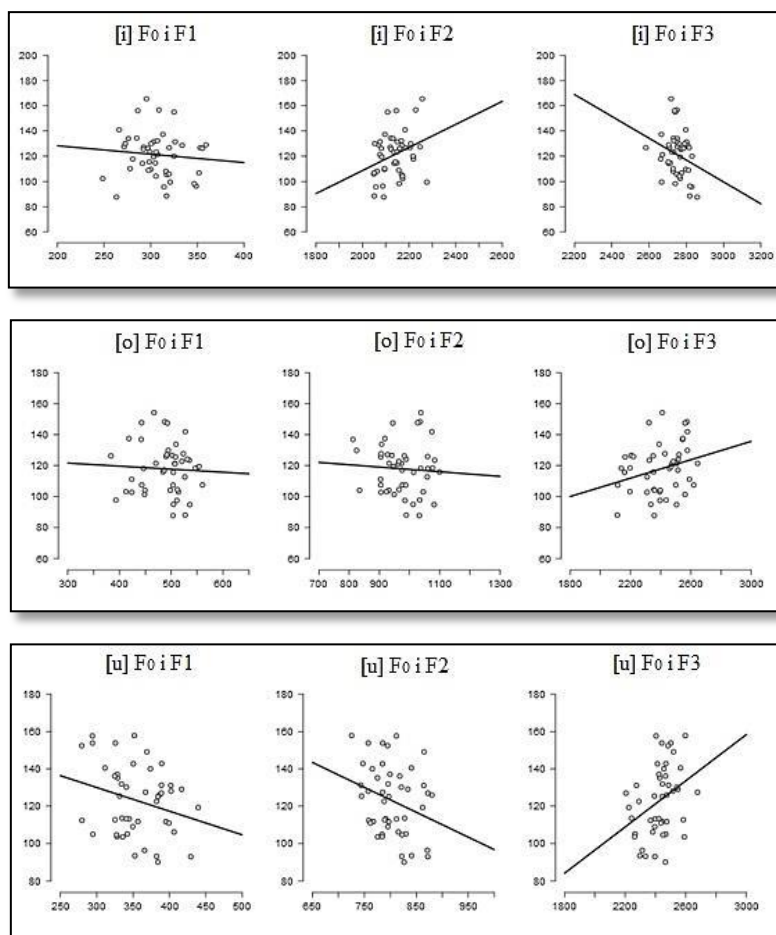
U višestrukim fonetskim studijama (Assmann, 1991; Erickson, 2003; Feinberg et al., 2005; Narang, Misra, & Yadav, 2005; Barreda, 2012) ispitivali su se odnos i korelacija između fundamentalne frekvencije i formantskih frekvencija. Sukladno rezultatima prethodnih studija, u ovome se radu nastojalo utvrditi postoji li korelacija između fundamentalne frekvencije i formanta, je li ona statistički značajna ili i je li pozitivna (rastom/padom  $F_0$  rastu/padaju i vrijednosti formanta) ili negativna (rastom/padom  $F_0$  padaju/rastu i vrijednosti formanta). S obzirom na to da se formantske frekvencije i fundamentalna frekvencija statistički značajno razlikuju između muškaraca i žena, korelacija će se ispitivati unutar svake spolne skupine govornika zasebno.

#### *Muški govornici*

Rezultati Pearsonovih korelacija, kojima je testirana značajnost koeficijenta korelacije kod muških govornika hrvatskoga jezika, pokazali su da unutar različitih vokala hrvatskoga jezika uglavnom nema statistički značajnih korelacija između  $F_0$  i formantskih frekvencija. Značajna manja korelacija potvrđena je samo pri izgovoru:

- vokala [i] između  $F_0$  i  $F_2$  ( $r=0,309$ ;  $p<0,05$ ) te
- vokala [u] između  $F_0$  i  $F_3$  ( $r=0,349$ ;  $p<0,05$ ).





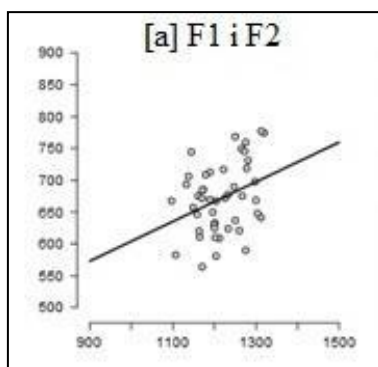
Slika 42. Prikaz korelacije između  $F_0$  i formanata (F1-F3) kod muških govornika hrvatskoga jezika, pri izgovoru vokala [a], [e], [i], [o] i [u].

Na *Slici 42* možemo primijetiti da su pri izgovoru vokala [a] i [e] kretanja  $F_0$  i formanata usklađena i da je korelacija pozitivna, dok kod ostalih vokala to nije slučaj. Statistička značajnost korelacije potvrđena Pearsonovim koeficijentom kod vokala [i] između  $F_0$  i F2 te vokala [u] između  $F_0$  i F3 vidljiva je i snažnim nagibom krivulje na *Slici 42*.

Osim korelacije između  $F_0$  i formanata, ispitana je i korelacija između formanata međusobno, kako bi se utvrdilo jesu li formanti u korelaciji te ako jesu koji formanti i kod kojih vokala. Rezultati su pokazali nešto veći broj manjih korelacija te jednu srednju, prilikom izgovora:

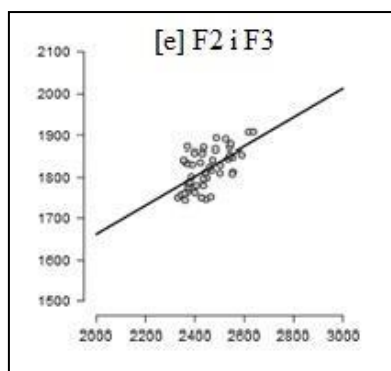
- vokala [a] između F1 i F2 ( $r=0,334$ ;  $p<0,05$ ) (vidi *Sliku 43*),
- vokala [e] između F2 i F3 ( $r=0,597$ ;  $p<0,001$ ) (vidi *Sliku 44*),
- vokala [u] između F1 i F2 ( $r=0,316$ ;  $p<0,05$ ) te između F2 i F3 ( $r=-0,379$ ;  $p<0,01$ ) (vidi *Sliku 45*).





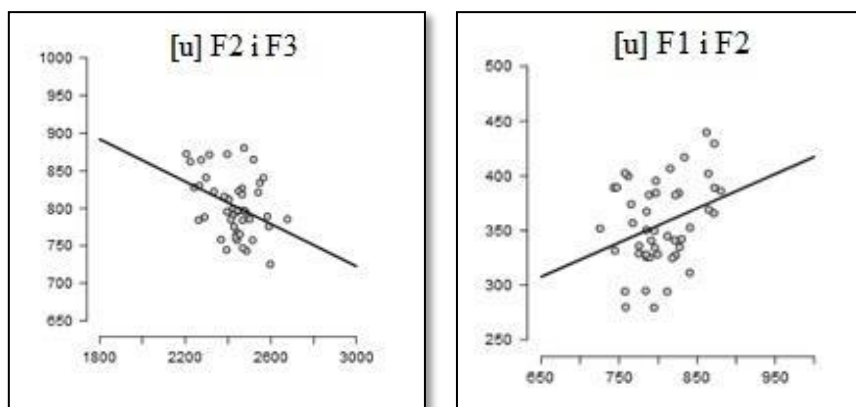
Slika 43. Prikaz korelacije između F1 i F2 kod muških govornika hrvatskoga jezika, pri izgovoru vokala [a].

Na temelju položenosti krivulje na *Slici 43* i Personovoga koeficijenta korelacije možemo zaključiti da se vrijednosti drugoga formanta pri izgovoru vokala [a] povisuju, ako se povise i vrijednosti prvoga formanta. Kod testiranja korelacije između preostalih formanta nije utvrđena statistički značajna korelacija.



Slika 44. Prikaz korelacije između F2 i F3 kod muških govornika hrvatskoga jezika, pri izgovoru vokala [e].

Na temelju položenosti krivulje na *Slici 44* i Personovoga koeficijenta korelacije možemo zaključiti da se vrijednosti trećega formanta pri izgovoru vokala [e] povisuju, ako se povise i vrijednosti drugoga formanta, dok kod testiranja korelacije između preostalih formanta nije utvrđena statistički značajna korelacija.



Slika 45. Prikaz korelacije između F1 i F2 kod muških govornika hrvatskoga jezika, pri izgovoru vokala [u].

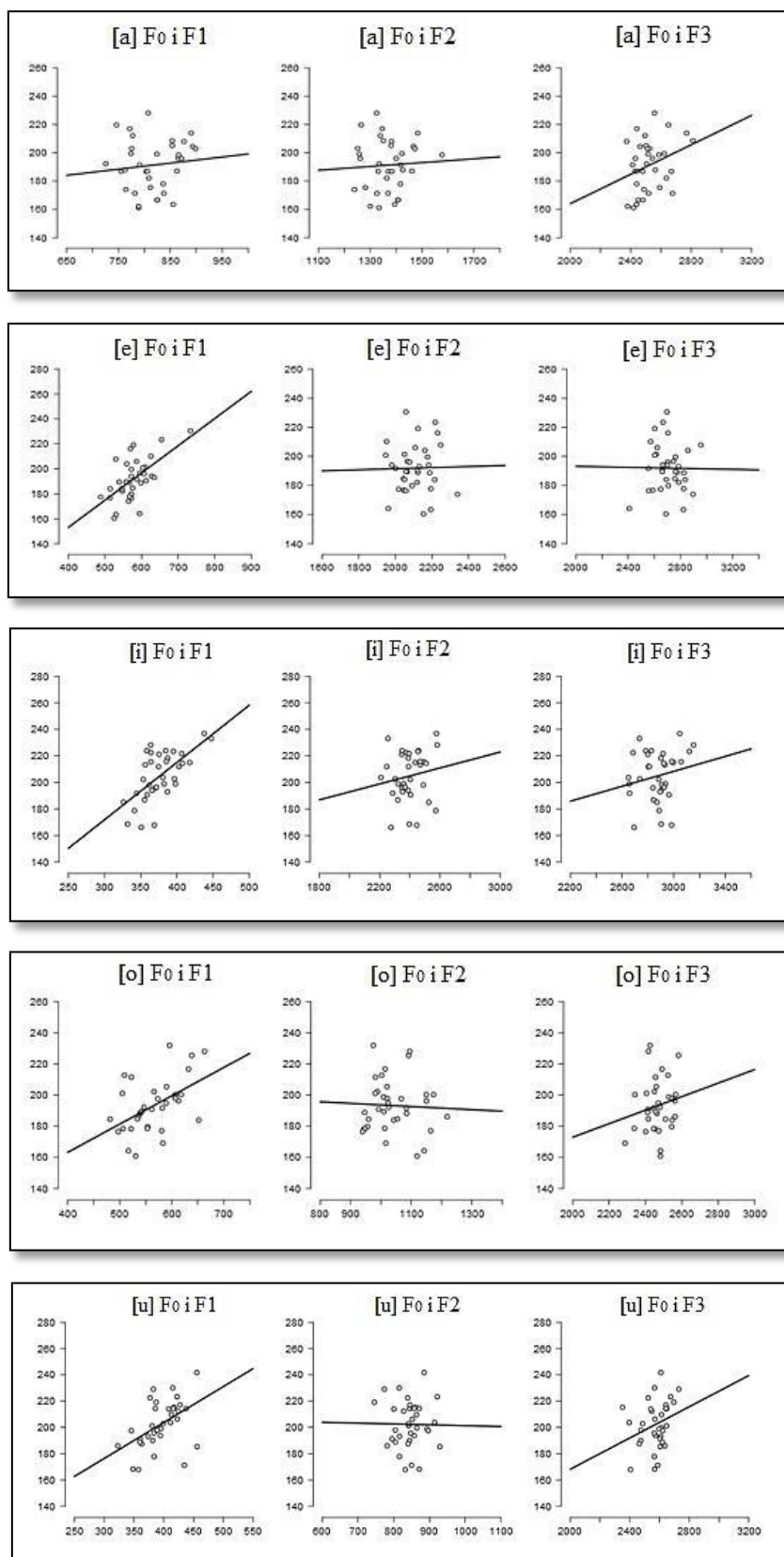
Na temelju položenosti krivulje na *Slici 45* i Personovoga koeficijenta korelacije postaje jasno da se vrijednosti drugoga formanta pri izgovoru vokala [u] povisuju, ako se povise i vrijednosti prvoga formanta. Međutim, kod testiranja korelacije između preostalih formanta nije utvrđena statistički značajna korelacija.

Prema prethodno navedenim rezultatima testiranja korelacije između fundamentalne frekvencije i formanta unutar skupine muških govornika, možemo zaključiti da statistički značajna korelacija između  $F_0$  i F1 nije utvrđena kod niti jednoga vokala. Značajna je korelacija potvrđena između  $F_0$  i F2 kod prednjega vokala [i], dok je korelacija s F3 potvrđena kod stražnjega vokala [u]. Testiranjem korelacije među formantima utvrđeno je da prvi i drugi formant statistički značajno koreliraju kod središnjega vokala [a] te stražnjega [u], dok drugi i treći koreliraju kod prednjega vokala [e].

#### *Ženski govornici*

Rezultati Pearsonovih korelacija, kojima je testirana značajnost koeficijenata korelacije kod ženskih govornika hrvatskoga jezika, pokazali su nešto veći broj korelacija  $F_0$  i formantskih frekvencija, nego kod muških govornika. Značajna korelacija potvrđena je pri izgovoru:

- vokala [e] između  $F_0$  i F2 ( $r=0,607$ ;  $p<0,001$ ),
- vokala [i] između  $F_0$  i F2 ( $r=0,636$ ;  $p<0,001$ ),
- vokala [o] između  $F_0$  i F2 ( $r=0,5$ ;  $p<0,01$ ) te
- vokala [u] između  $F_0$  i F3 ( $r=0,478$ ;  $p<0,05$ ).

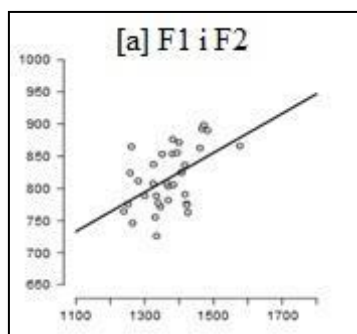


Slika 46. Prikaz korelacije između  $F_0$  i formanata (F1-F3) kod ženskih govornika hrvatskoga jezika, pri izgovoru vokala [a], [e], [i], [o] i [u].

Na *Slici 46* možemo primijetiti da su pri izgovoru vokala [a] te [i] kretanja  $F_0$  i formanata usklađena i da je korelacija pozitivna, dok kod ostalih vokala to nije slučaj (jer su između parova  $F_0$  i formanata utvrđene pozitivne, a kod drugih negativne korelacije pri izgovoru istoga vokala). Statistička značajnost korelacije potvrđena Pearsonovim koeficijentom kod vokala [e], [i] te [o] između  $F_0$  i  $F_2$  te kod vokala [u] između  $F_0$  i  $F_3$  vidljiva je i snažnim nagibom krivulje na *Slici 46*.

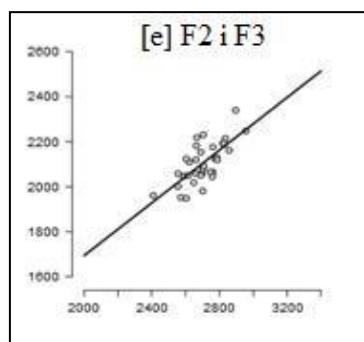
Osim korelacije između  $F_0$  i formanata, ispitana je i korelacija između formanata samih, kako bi se utvrdilo jesu li formanti u međudodnosu te ako jesu koji formanti i kod kojih vokala. Rezultati su pokazali nešto veći broj korelacija u skupini žena u usporedbi s muškarcima i u usporedbi s testiranjem korelacije između  $F_0$  i formanata, i to prilikom izgovora:

- vokala [a] između  $F_1$  i  $F_2$  ( $r=0,497$ ;  $p<0,01$ ) (vidi *Sliku 47*),
- vokala [e] između  $F_2$  i  $F_3$  ( $r=0,715$ ;  $p<0,001$ ) (vidi *Sliku 48*),
- vokala [i] između  $F_2$  i  $F_3$  ( $r=0,733$ ;  $p<0,001$ ) (vidi *Sliku 49*),
- vokala [o] između  $F_1$  i  $F_2$  ( $r=0,368$ ;  $p<0,05$ ) (vidi *Sliku 50*) te kod
- vokala [u] između  $F_1$  i  $F_2$  ( $r=0,417$ ;  $p<0,05$ ) (vidi *Sliku 51*).



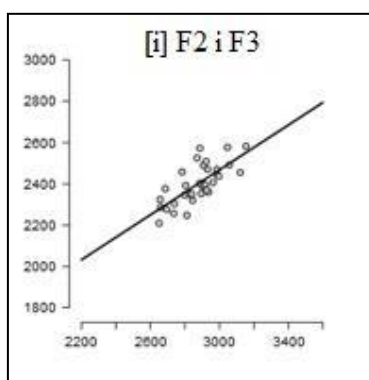
Slika 47. Prikaz korelacije između  $F_1$  i  $F_2$  kod ženskih govornika hrvatskoga jezika, pri izgovoru vokala [a].

Na temelju položenosti krivulje na *Slici 47* i Pearsonovoga koeficijenta korelacije možemo zaključiti da se vrijednosti drugoga formanta pri izgovoru vokala [a] povisuju, ako se povise i vrijednosti prvoga formanta, dok kod testiranja korelacije između preostalih formanata nije utvrđena statistički značajna korelacija.



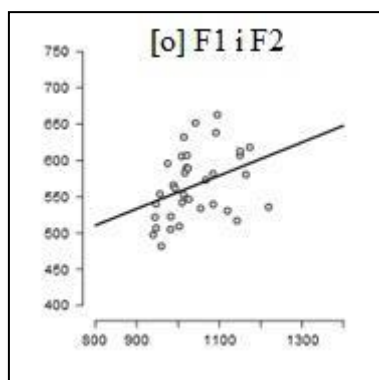
Slika 48. Prikaz korelacije između F2 i F3 kod ženskih govornika hrvatskoga jezika, pri izgovoru vokala [e].

Na temelju položenosti krivulje na *Slici 48* i Personovoga koeficijenta korelacije možemo zaključiti da se vrijednosti trećega formanta pri izgovoru vokala [e] povišuju, povišenjem vrijednosti drugoga formanta.



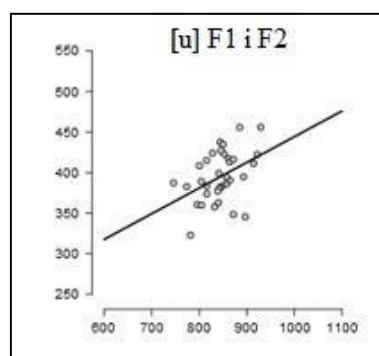
Slika 49. Prikaz korelacije između F2 i F3 kod ženskih govornika hrvatskoga jezika, pri izgovoru vokala [i].

Na temelju položenosti krivulje na *Slici 49* i Personovoga koeficijenta korelacije možemo zaključiti da se vrijednosti trećega formanta pri izgovoru vokala [i] povišuju, rastom vrijednosti drugoga formanta, što je bio slučaju i u prethodnim primjerima.



Slika 50. Prikaz korelacije između F1 i F2 kod ženskih govornika hrvatskoga jezika, pri izgovoru vokala [o].

Na temelju položenosti krivulje na *Slici 50* i Personovoga koeficijenta korelacije možemo zaključiti da se vrijednosti drugoga formanta pri izgovoru vokala [o] također povisuju, kao i vrijednosti drugoga formanta pri izgovoru vokala [u] (vidi *Sliku 51*).



Slika 51. Prikaz korelacije između F1 i F2 kod ženskih govornika hrvatskoga jezika, pri izgovoru vokala [u].

Naposljetku, možemo zaključiti da rezultati testiranja korelacije između fundamentalne frekvencije i formanta unutar skupine ženskih govornika ukazuju na nepostojanje statistički značajne korelacije između  $F_0$  i F1 kod svih vokala. Značajna je korelacija potvrđena između  $F_0$  i F2 kod prednjih vokala [e] i [i] te kod stražnjega vokala [o], dok je korelacija s F3 potvrđena kod stražnjega vokala [u].

Testiranjem korelacije među formantima utvrđeno je da prvi i drugi formant statistički značajno koreliraju kod središnjega vokala [a] te stražnjih [o] i [u], dok drugi i treći koreliraju kod prednjih vokala [e] i [i].

Rezultati korelacije fundamentalne frekvencije i formanata u skupinama muških i ženskih govornika hrvatskoga jezika, pokazali su da ne postoji statistički značajna korelacija između  $F_0$  i  $F1$ . Chan i Nolan (2016) također su utvrdili da je korelacija između ispitivanih parametara vrlo mala ili je nema. Autori su zaključili da su skraćivanjem (ili produžavanjem) vokalnoga trakta promijenjene pozicije larinksa, da su vrijednosti formanata ostale nepromijenjene ili su se minimalno promijenile. Sve navedeno uputilo je autore na zaključak da su konture  $F_0$  i formantskih frekvencija u velikoj mjeri neovisni te da ton i formanti podliježu različitom koartikulacijskom utjecaju (Chan & Nolan, 2016). Drugi pak radovi (Narang et al., 2005) pokazali su statistički značajnu korelaciju između  $F_0$  i  $F1$ , u tonskim (korejski i hindski jezik) i u netonskim jezicima (tajski i punjabski jezik). Korelacija između  $F_0$  i  $F2$  u ovoj je studiji također pokazala korelaciju, no ona nije dosegla prag statističke značajnosti.

S druge pak strane, u ovome je radu potvrđena značajna korelacija između  $F_0$  i  $F2$  te između  $F_0$  i  $F3$  kod istih skupina vokala i kod muškaraca i kod žena. Korelacija fundamentalne frekvencije s drugim formantom češća je kod prednjih vokala, što možemo protumačiti u okviru opće mišićne aktivnosti. Odnosno, s obzirom na to da je vokal [i] napetiji od preostalih vokala u hrvatskome jeziku, napetiji je i sam larinks, što će u konačnici rezultirati višim vrijednostima  $F_0$ . Više vrijednosti  $F2$  prisutne su kod prednjih vokala i kod vokala koji se izgovaraju s raširenim usnama, a niže kod stražnjih i zaokruženih vokala izgovorenih s isturenim usnicama, o čemu pišu Lindblom i Sundberg (1971). Prema tome, jasno je da je povišena  $F_0$  uslijed napetijega larinksa i prednjega izgovora vokala [i] pokazala značajnu korelaciju. Statistički značajna korelacija fundamentalne frekvencije s trećim formantom potvrđena je kod stražnjega vokala [u] u objema skupinama govornika. Također, rezultati su pokazali značajnost korelacije kod muškaraca i žena između  $F1$  i  $F2$  kod središnjega vokala [a] i stražnjih vokala.

Između ostaloga, potvrđena je značajnost korelacije  $F2$  i  $F3$  kod obje skupine govornika u izgovoru prednjega vokala [e] i stražnjega [u] (samo kod muškaraca). O odnosu drugoga i trećega formanta pisali su brojni autori (Chistovich & Lublinskaya, 1979; Chistovich, 1985; Harrington, 2013 itd.), u okviru formantske analize, percepcije vokala ili pak njegove sinteze. Osim što su vrijednosti drugoga i trećega formanta vrlo blizu (najbliže u odnosu na druge vokale u hrvatskome jeziku) rezultati su pokazali da je upravo njihov odnos vrlo bitan u percepciji prednjih vokala. Tome u prilog idu i rezultati iz ovoga rada, prema kojima se pokazalo da su vrijednosti trećega formanta više ako se povise vrijednosti drugoga formanta, što je zabilježeno samo kod prednjih vokala.

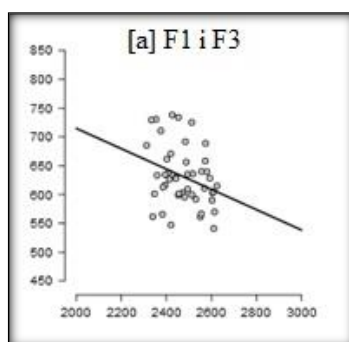
#### 6.4. Korelacija formantskih frekvencija i fundamentalne frekvencije u srpskome jeziku

O korelaciji formantskih frekvencija te vrijednosti fundamentalne frekvencije kod muških i ženskih govornika hrvatskoga jezika bilo je riječi u prethodnome poglavlju. S obzirom na to da se vrijednosti  $F_0$ ,  $F_1$ ,  $F_2$  i  $F_3$  razlikuju između govornika različitih spolova, korelacije i značajnosti korelacije izračunavale su se za svaki spol zasebno. Istim statističkim postupcima u ovome je poglavlju ispitana korelacija fundamentalne frekvencije i formantskih frekvencija te njezina značajnost u srpskome jeziku, zasebno kod muškaraca i žena.

##### *Muški govornici*

Rezultati Pearsonovih korelacija, kojima je testirana značajnost koeficijenata korelacije kod muških govornika srpskoga jezika, pokazali su da unutar različitih vokala srpskoga jezika nema statistički značajnih korelacija između  $F_0$  i formantskih frekvencija. Osim korelacije između  $F_0$  i formantskih frekvencija, ispitivana je i korelacija između formanta, kako bi se utvrdilo jesu li formanti u međudodnosu te ako jesu, koji formanti i kod kojih vokala. Rezultati su pokazali nešto veći broj manjih korelacija i to prilikom izgovora:

- vokala [a] između  $F_1$  i  $F_3$  ( $r=0,308$ ;  $p<0,05$ ) (vidi *Sliku 52*),
- vokala [i] između  $F_1$  i  $F_2$  ( $r=0,406$ ;  $p<0,01$ ),  $F_1$  i  $F_3$  ( $r=0,437$ ;  $p<0,01$ ) te između  $F_2$  i  $F_3$  ( $r=0,479$ ;  $p<0,001$ ) (vidi *Sliku 53*) te kod
- vokala [o] između  $F_1$  i  $F_2$  ( $r=0,408$ ;  $p<0,01$ ) te između  $F_2$  i  $F_3$  ( $r=-0,379$ ;  $p<0,01$ ) (vidi *Sliku 54*).

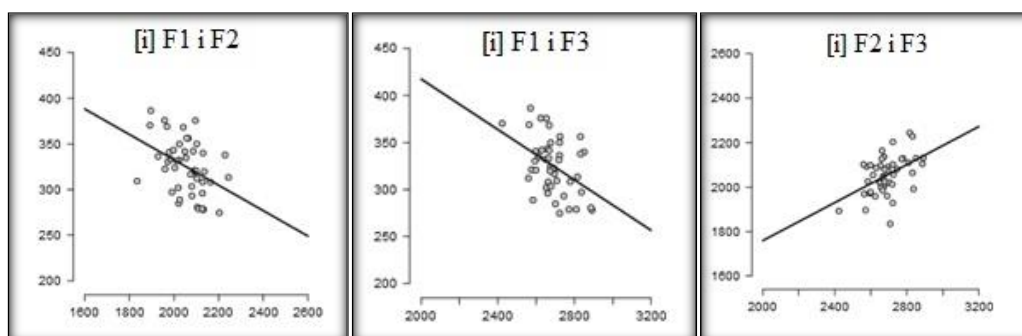


Slika 52. Prikaz korelacije između  $F_1$  i  $F_3$  kod muških govornika srpskoga jezika, pri izgovoru vokala [a].

Na temelju položenosti krivulje na *Slici 52* i Pearsonovoga koeficijenta korelacije možemo zaključiti da su vrijednosti trećega formanta pri izgovoru vokala [a] niže, ako su vrijednosti



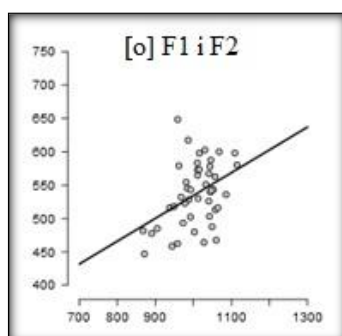
prvoga formanta više, odnosno zabilježena je negativna korelacija. Kod testiranja korelacije između preostalih formanata pri izgovoru vokala [a] nije utvrđena statistički značajna korelacija.



Slika 53. Prikaz korelacije između F1 i F2, F1 i F3 te između F2 i F3 kod muških govornika srpskoga jezika, pri izgovoru vokala [i].

Na temelju položenosti krivulje na *Slici 53* i Personovoga koeficijenta korelacije možemo zaključiti da se vrijednosti drugoga i trećega formanta pri izgovoru vokala [i] snižavaju pri povišenju vrijednosti F1 te da F2 raste prilikom rasta F3 vrijednosti.

Posljednja utvrđena korelacija u skupini muških govornika srpskoga jezika odnosi se na F1 i F2 korelaciju pri izgovoru vokala [o] (vidi *Sliku 54*), koja je pozitivna. Kod testiranja korelacije između preostalih formanata u izgovoru vokala [o] nije utvrđena statistički značajna korelacija.



Slika 54. Prikaz korelacije između F1 i F2 kod muških govornika srpskoga jezika, pri izgovoru vokala [o].

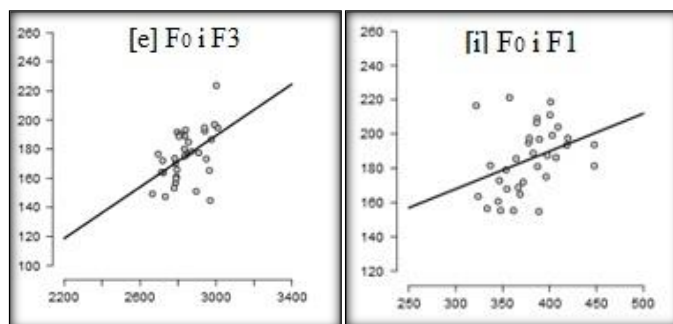
Prema prethodno navedenim rezultatima testiranja korelacije između fundamentalne frekvencije i formanata unutar skupine muških govornika, možemo zaključiti da nije utvrđena

statistički značajna korelacija između  $F_0$  i formanta kod muških govornika srpskoga jezika. Testiranjem korelacije među formantima pokazalo se da prvi i drugi formant statistički značajno koreliraju kod prednjega vokala [i] te stražnjega [o], da prvi i treći formant značajno koreliraju kod vokala [a] te [i], dok drugi i treći značajno koreliraju kod prednjega vokala [i]. Najveći broj značajnih korelacija utvrđen je za izgovor vokala [i], dok kod vokala [e] i [u] nije utvrđena niti jedna statistički značajna korelacija.

### *Ženski govornici*

Rezultati Pearsonovih korelacija, kojima je testirana značajnost koeficijenta korelacije kod ženskih govornika srpskoga jezika, pokazali su da pri izgovoru vokala srpskoga jezika uglavnom nema statistički značajnih korelacija između  $F_0$  i formantskih frekvencija. Značajna korelacija potvrđena je samo pri izgovoru prednjih vokala:

- [e] između  $F_0$  i  $F_3$  srednja korelacija ( $r=0,483$ ;  $p<0,01$ ) te
- [i] između  $F_0$  i  $F_1$  manja korelacija ( $r=0,357$ ;  $p<0,05$ ) (vidi *Sliku 55*).

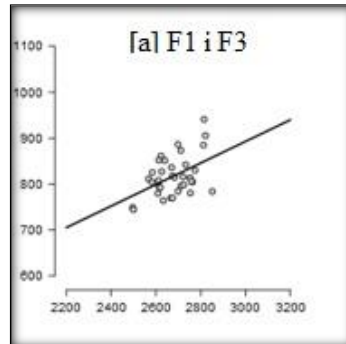


Slika 55. Prikaz korelacije između  $F_0$  i  $F_3$  kod vokala [e] te  $F_0$  i  $F_1$  kod vokala [i] u skupini ženskih govornika srpskoga jezika.

Na *Slici 55* možemo primijetiti da je pri izgovoru prednjih vokala [e] te [i] korelacija pozitivna, što nam govori da vrijednosti formanta ( $F_3$  kod [e] te  $F_1$  kod [i]) rastu, ako je  $F_0$  viših vrijednosti. Osim korelacije između  $F_0$  i formanta, ispitana je i korelacija između formanta međusobno, kako bi se utvrdilo jesu li formanti u međuočnosu, i ako jesu koji formanti i kod kojih vokala. Rezultati su pokazali podjednak broj značajnih korelacija u skupinama žena i muškaraca u srpskome jeziku. Kod ženskih govornica srpskoga jezika utvrđena je po jedna značajna korelacija za svaki vokal, preciznije kod:

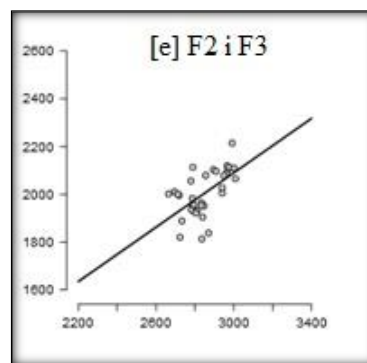
- vokala [a] između  $F_1$  i  $F_3$  ( $r=0,463$ ;  $p<0,01$ ) (vidi *Sliku 56*),
- vokala [e] između  $F_2$  i  $F_3$  ( $r=0,578$ ;  $p<0,001$ ) (vidi *Sliku 57*),

- vokala [i] između F1 i F2 ( $r=0,323$ ;  $p=0,058$  – granična značajnost) (vidi *Sliku 58*),
- vokala [o] između F1 i F2 ( $r=0,479$ ;  $p<0,01$ ) (vidi *Sliku 59*) te kod
- vokala [u] između F1 i F2 ( $r=0,447$ ;  $p<0,01$ ) (vidi *Sliku 60*).



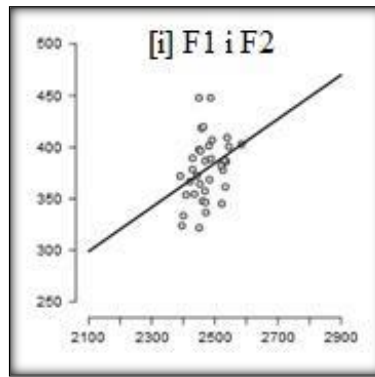
Slika 56. Prikaz korelacije između F1 i F3 kod ženskih govornika srpskoga jezika, pri izgovoru vokala [a].

Na temelju položenosti krivulje na *Slici 56* i Personovoga koeficijenta korelacije možemo zaključiti da se vrijednosti trećega formanta pri izgovoru vokala [a] povisuju, ako se povise i vrijednosti prvoga formanta, dok kod testiranja korelacije između preostalih formanta u vokalu [a] nije utvrđena statistički značajna korelacija.



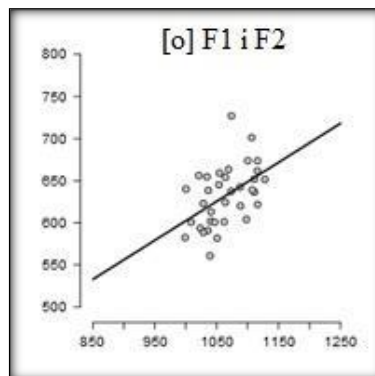
Slika 57. Prikaz korelacije između F2 i F3 kod ženskih govornika srpskoga jezika, pri izgovoru vokala [e].

Na temelju položenosti krivulje na *Slici 57* i Personovoga koeficijenta korelacije možemo primijetiti da se vrijednosti trećega formanta pri izgovoru vokala [e] povisuju, povišenjem vrijednosti drugoga formanta, kao i kod vokala [a].



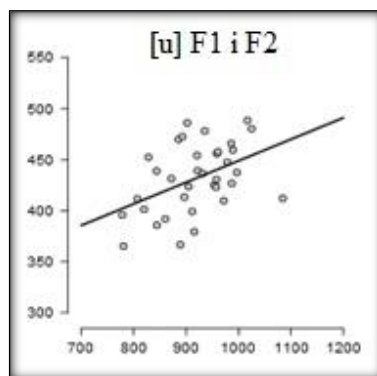
Slika 58. Prikaz korelacije između F1 i F2 kod ženskih govornika srpskoga jezika, pri izgovoru vokala [i].

Na temelju položenosti krivulje na *Slici 58* i Personovoga koeficijenta korelacije možemo zaključiti da se vrijednosti drugoga formanta pri izgovoru vokala [i] povišuju, ako se povise i vrijednosti prvoga formanta, dok kod testiranja korelacije između preostalih formanata kod vokala [i] nije utvrđena statistički značajna korelacija.



Slika 59. Prikaz korelacije između F1 i F2 kod ženskih govornika srpskoga jezika, pri izgovoru vokala [o].

Na temelju položenosti krivulje na *Slici 59* i Personovoga koeficijenta korelacije možemo zaključiti da je korelacija pozitivna te da vrijednosti drugoga formanta pri izgovoru vokala [o] rastu povišenjem vrijednosti prvoga formanta. Kod testiranja korelacije između preostalih formanata kod vokala [o] nije utvrđena statistički značajna korelacija.



Slika 60. Prikaz korelacije između F1 i F2 kod ženskih govornika srpskoga jezika, pri izgovoru vokala [u].

Slika 60 i Pearsonov koeficijent korelacije ukazuje nam na pozitivnu korelaciju F1 i F2 pri izgovoru vokala [u], dok kod testiranja korelacije između preostalih formanata u vokalu [u] nije utvrđena statistički značajna korelacija.

Naposljetku, možemo zaključiti da rezultati testiranja korelacije između fundamentalne frekvencije i formanata unutar skupine ženskih govornika srpskog jezika ukazuju na statistički značajne korelacije samo kod vokala [e] između  $F_0$  i F3 te kod vokala [i] između  $F_0$  i F1. Testiranjem korelacije među formantima utvrđeno je da prvi i drugi formant statistički značajno koreliraju kod prednjega vokala [i] te stražnjih [o] i [u], da drugi i treći koreliraju kod prednjega [e], dok prvi i treći formant značajno koreliraju kod središnjega vokala [a].

Rezultati korelacije fundamentalne frekvencije i formanata u skupinama muških i ženskih govornika srpskoga jezika, pokazali su statistički značajne korelacije samo u skupini žena, i to između  $F_0$  i F1 te  $F_0$  i F3. Chan i Nolan (2016) također su utvrdili da je korelacija između ispitivanih parametara vrlo mala ili je nema te su stoga autori zaključili da su  $F_0$  i formantske frekvencije u velikoj mjeri neovisni (Chan & Nolan, 2016).

Testiranjem značajnosti korelacije među formantima u svim vokalima srpskoga jezika, u skupinama muškaraca i žena, utvrđena je značajnost korelacije između F1 i F2 u obje skupine kod prednjega vokala [i] i stražnjih vokala [u] i [o] (kod muškaraca samo kod [o]). Također je potvrđena značajnost korelacije F2 i F3 u izgovoru prednjega vokala [i]. O odnosu drugoga i trećega formanta pisali su brojni autori (Chistovich & Lublinskaya, 1979; Chistovich, 1985; Harrington, 2013 itd.), u okviru formantske analize, percepcije vokala ili pak njegove sinteze. Osim što su vrijednosti drugoga i trećega formanta vrlo blizu (najbliže u odnosu na druge vokale u srpskome jeziku) rezultati su pokazali da je upravo njihov odnos vrlo bitan u

percepciji prednjih vokala. Tome u prilog idu i rezultati iz ovoga rada, prema kojima se pokazalo da su vrijednosti trećega formanta više ako se povise vrijednosti drugoga formanta, kod prednjih i stražnjega vokala [o] kod muškaraca.

Sagledamo li rezultate ispitivanih korelacija prema jezičnome kriteriju, moguće je uvidjeti nekoliko zaključaka:

1. znatno je manji broj utvrđenih statističko značajnih korelacija između  $F_0$  i formanta nego između formanta samih,
2. kod govornika hrvatskoga jezika utvrđen je manji broj (ukupno 9) statistički značajnih korelacija među formantima nego kod govornika srpskoga jezika (ukupno 11),
3. kod govornika obaju jezika najveći broj statistički značajnih korelacija utvrđen je između  $F_1$  i  $F_2$  te
4. najveći broj korelacija među formantima utvrđen je pri izgovoru prednjega vokala [i].

## 7. ZAKLJUČAK

Predmet ovoga rada s jedne je strane motiviran potrebom za nužnim akustičkim opisom vokalskoga sustava hrvatskoga jezika, a s druge strane suvremenim istraživačkim metodama u forenzičkoj fonetici u čijoj je podlozi formantska analiza. Za potrebe rada snimljena su ukupno 162 govornika, od kojih je podjednak broj izvornih govornika hrvatskoga ( $N_{hrv}=81$ ) i srpskoga jezika ( $N_{srp}=81$ ) s nešto većim omjerom muških glasova u odnosu na ženske. Jedan od temeljnih ciljeva rada sastoji se u utvrđivanju referentnoga okvira formantskih frekvencija (F1-F3) zasebno za muškarce i žene, s obzirom na to da su dosadašnja fonetska istraživanja uglavnom provedena samo na muškim glasovima, na premalom broju govornika ili na oskudnom govornom materijalu. Prema tome, u istraživanju su svi snimljeni govornici analizirani prema četiri akustička parametra: prvim trima formantima te fundamentalnoj frekvenciji. Formantskom analizom ispitali su se spolne i jezične razlike između snimljenih govornika te su se opisali i akustički usporedili vokalski sustavi hrvatskoga i srpskoga jezika. Osim formantske analize, utvrđivale su se vrijednosti fundamentalne frekvencije prema faktoru spola i jezika te korelacija  $F_0$  i formantata.

Rezultati formantske analize pokazali su da su kod obaju spolova i u obama jezicima, vrijednosti prvoga formanta najniže pri izgovoru vokala [i], a najviše kod vokala [a] te da su najniže vrijednosti drugoga formanta izmjerene kod [u], a najviše kod [i]. Treći je formant najviše vrijednosti imao kod vokala [i], dok su najniže izmjerene kod vokala [o]. Kod govornika obaju spolova u hrvatskome i srpskome jeziku, vokal [a] pokazao se kao najotvoreniji, vokali [e] i [o] određeni su kao poluzatvoreni, a vokali [i] i [u] kao zatvoreni. Prema obilježju prednosti/stražnosti, vokal [i] određen je kao najpredniji, nakon kojega slijede vokali [e], [a], [o] i naposljetku vokal [u] kao najstražniji. Prosječne vrijednosti formantata, opisale su se u okviru prethodno provedenih radova za hrvatski i srpski jezik, od kojih su rezultati za hrvatski bili najbliži rezultatima istraživanja Varošaneć-Škarić i Bašić (2015), dok su za srpski bili najbliži rezultatima Varošaneć-Škarić i sur. (2016) te Marković i Bjelaković (2009). Pregledom dosadašnjih istraživanja o formantskim analizama u hrvatskome i srpskome jeziku pokazalo se da su u srpskome veće razlike u vrijednostima formantata koje iznose različiti autori, negoli u hrvatskome.

Kontrastivnom akustičkom analizom rezultata i provjerom statističke značajnosti rezultata pokazalo se da je vokal [a] stražniji kod govornika obaju spolova u hrvatskome jeziku, pri čijem je izgovoru značajnost razlike potvrđena za F1 i F3. Vokal [e] u hrvatskome je predniji

i ostvaruje se s manje raširenim usnama nego u srpskome jeziku, što je statistički značajno samo kod žena. Također, usporedbom vrijednosti formanta između ženskih govornica hrvatskoga i srpskoga jezika pokazalo se da je izgovor vokala [e] nešto zatvoreniji u hrvatskome. Vokal [i] također je zatvoreniji u hrvatskome (statistički značajno samo kod muškaraca), dok se po obilježjima prednjosti/stražnjosti može reći da su rezultati spolno dimorfni. Naime, kod muških je govornika u hrvatskome vokal [i] predniji, dok je kod ženskih stražniji, u usporedbi s govornicima srpskoga jezika. Stražnji su vokali [o] i [u] prema rezultatima zatvoreniji (i stražniji) u hrvatskome, od kojih je vokal [o] statistički značajno zatvoreniji samo kod žena. Statistička značajnost za vokal [u] utvrđena je u svim formantima kod obaju spolova, na temelju čega možemo zaključiti da je [u] u hrvatskome zatvoreniji, stražniji te da se ostvaruje s većom zaokruženošću usana.

Usporedbom varijabilnosti različitih formantskih frekvencija između svih vokala i unutar svakoga spola i jezika zasebno, potvrđeno je da je u svim vokalima najmanja varijabilnost kod F1, nešto viša kod F2 i najviša kod F3. Najveća varijabilnost prvoga formanta u hrvatskome zabilježena je pri izgovoru vokala [a] u obje spolne skupine, na što su s jedne strane ukazivali rezultati sociofonetskih istraživanja u hrvatskome (Škarić, 1991; Varošanec-Škarić, 2010), prema kojima je vokal [a] najrazlikovniji te s druge strane, rezultati studija prema kojima je pri izgovoru vokala [a] koartikulacijski utjecaj najsnažniji zbog najmanje stabilnosti njegove artikulacije (Stevens & House, 1963).

U hrvatskome je jeziku najveće raspršenje F2 kod muškaraca zabilježeno kod vokala [o], a kod žena prilikom izgovora prednjega [i]. Treći je formant najvarijabilniji u stražnjem vokalu [u] kod muškaraca, a kod žena u vokalu [i]. U srpskome su najveća raspršenja F1 kod žena zabilježena kod prednjega vokala [e], a kod muškaraca u stražnjim vokalima. Drugi je formant bio najvarijabilniji kod govornika obaju spolova u srpskome jeziku pri izgovoru prednjega vokala [e], a F3 je najveću varijabilnost postigao u stražnjem vokalu [u] kod govornika obaju spolnih skupina u srpskome.

Usporedba prosječnih formantskih frekvencija između govornika različitoga spola istoga jezika te između govornika istoga spola, ali različitoga jezika rezultirala je izvođenjem nekoliko zaključaka. Očekivano, u oba su analizirana jezika potvrđene više vrijednosti svih formanta kod žena u usporedbi s muškarcima. Statističkom obradom podataka, utvrđeno je da se u hrvatskome jeziku žene i muškarci statistički značajno razlikuju u prosječnim vrijednostima: F1 u svim vokalima, F2 u većini vokala (osim kod [a] i [u]), F3 u većini vokala



(osim kod [o]) te u vrijednostima formantske disperzije ( $D_f$ ) u svim vokalima. Prema tome, možemo reći su da su  $F_1$  i  $D_f$  snažniji akustički parametri pri razlikovanju govornika različitoga spola u hrvatskome jeziku od  $F_2$  i  $F_3$ , o čemu su već pisali Torre III i Barlow (2009). Rezultati analize u srpskome jeziku pokazali su da se žene i muškarci statistički značajno razlikuju u prosječnim vrijednostima:  $F_1$  u gotovo svim vokalima (osim kod [u]),  $F_2$  u manjem broju vokala (kod [e] i [u]),  $F_3$  kod stražnjih vokala, dok se u  $D_f$  mjeri nije utvrdila statistički značajna razlika. Iz navedenoga proizlazi zaključak da je u srpskome jeziku najsnažniji faktor razlikovanja govornika različitoga spola prvi formant, dok su  $F_2$  i  $F_3$  podjednako slabiji pokazatelji spolnih razlika.

Mjerom formantske disperzije ( $D_f$ ) ispitivane su spolne i jezične razlike među govornicima. Rezultati su pokazali da su u hrvatskome jeziku  $D_f$  vrijednosti uglavnom više kod žena, osim u vokalima [a] i [o], dok su u srpskome jeziku više kod žena u svim vokalima. Značajnost varijabilnosti analiziranih akustičkih parametara ( $F_1$ ,  $F_2$ ,  $F_3$  i  $D_f$ ) ispitana je između muških i ženskih govornika hrvatskoga jezika, a potom i između govornika srpskoga jezika. Rezultati su pokazali da je u hrvatskome razlika statistički značajno veća kod žena u vokalima [a], [e] i [i], dok je kod muškaraca veća u stražnjim vokalima. Prema tome, možemo zaključiti da je akustička raspršenost formantskih frekvencija veća kod ženskih govornika u hrvatskome jeziku, što ide u prilog istovjetnim rezultatima istraživanjima u drugim jezicima (Gordon & Heath, 1998; Hanson & Chuang, 1999). Kod govornika srpskoga jezika varijabilnost prvoga formanta značajno je veća kod ženskih govornika u gotovo svim vokalima (osim kod [u]), dok je varijabilnost  $F_2$  uglavnom veća kod muškaraca (u vokalima [a], [i] i [o]).

Osim spolnih razlika, mjerom formantske disperzije nastojale su se ispitati i jezične razlike između govornika. Rezultati su pokazali da su  $D_f$  vrijednosti uglavnom više kod govornika srpskoga jezika (u vokalima [a], [e] i [u]). Pri izgovoru prednjega vokala [i] više su vrijednosti zabilježene kod govornika hrvatskoga jezika dok su kod vokala [o] u skupinama muških govornika obaju analiziranih jezika gotovo podjednake. Govornice hrvatskoga jezika u svim su vokalima imale niže vrijednosti formantske disperzije od govornica srpskoga jezika. S obzirom na to da je ista pojava primijećena i kod govornika muškoga spola za pretpostaviti je da su razlike u  $D_f$  vrijednostima rezultat jezičnih razlika, tj. razlika u vokalskim prostorima analiziranih jezika, koje su se odrazile kako na vrijednosti formanta, tako i u  $D_f$  vrijednostima.

Rezultati su također pokazali da je manja varijabilnost formantskih frekvencija (F1-F3) kod govornika obaju spolova u hrvatskome jeziku, nego u srpskome, što je statistički značajno za vokale [e] i [o] kod muškaraca te za sve vokale osim za [a], između ženskih govornika hrvatskoga i srpskoga jezika.

S obzirom na to da fonetsko okruženje utječe i na formantske frekvencije središnjega stabilnog dijela vokala, u radu se ispitao koartikulacijski utjecaj različitih vrsta okruženja. Rezultati su pokazali da su u frikativnom i okluzivnom okruženju snižene F1 vrijednosti, dok je F2 viših vrijednosti. Povišenje F2 posebno je istaknuto kod okluzivnih okruženja u prednjim vokalima. Drugi je formant viših vrijednosti u frikativnome okruženju kod stražnjih vokala, što je također potvrđeno u drugim jezicima (Stevens & House, 1963).

Drugi temeljni cilj ovoga rada sastojao se u usporedbi različitih mjera fundamentalne frekvencije, sa svrhom utvrđivanja spolnih i jezičnih razlika između govornika hrvatskoga i srpskoga jezika. Rezultatima provedenih akustičkih analiza i statističke obrade podataka utvrđena je prosječna vrijednost fundamentalne frekvencije od 118 Hz kod muških i 197 Hz kod ženskih govornica hrvatskoga jezika. Najviše vrijednosti  $F_0$  utvrđene su pri izgovoru vokala [i], a najniže kod vokala [a], što je potvrđeno kod obaju spolova. U usporedbi s prethodnim istraživanjima, vrijednosti su frekvencijski vrlo blizu, od kojih su rezultati najbliži rezultatima iz recentnijih radova sličnih metodoloških postavki (Varošaneć-Škarić, 2010; Kišiček, 2012; Biočina et al., 2016; Varošaneć-Škarić, Bašić & Kišiček, 2017). Kod govornika srpskoga jezika utvrđena je prosječna  $F_0$  od 108 Hz za muškarce i 179 Hz za žene. Usporedbom vrijednosti fundamentalne frekvencije između govornika istoga spola i različitoga jezika pokazalo se da govornici obaju spolova u hrvatskome jeziku imaju višu prosječnu  $F_0$ , u svim analiziranim vokalima i ukupno na razini svih vokala (statistička značajnost potvrđena je na razini od  $p < 0,001$ ).

Spolne i jezične razlike analizirane su i na temelju frekvencijskoga raspona fundamentalne frekvencije. Deskriptivni rezultati pokazali su da muški govornici hrvatskoga jezika uglavnom imaju širi raspon  $F_0$  u odnosu na žene, dok je u srpskome jeziku obrnuto. Usporedbom frekvencijskih raspona  $F_0$  između govornika hrvatskoga i srpskoga jezika, rezultati su pokazali da muški govornici hrvatskoga jezika imaju širi raspon pri izgovoru vokala [a], [e] te [i], a muški govornici srpskoga jezika pri izgovoru stražnjih vokala. Kod govornica srpskoga jezika zabilježen je širi raspon pri izgovoru vokala [a], [e] i [u], a kod ostalih vokala širi su raspon  $F_0$  imale govornice hrvatskoga jezika.

Iako su u fonetskoj literaturi frekvencijski rasponi uobičajena mjera, statistički se ne smatraju stabilnim i pouzdanim pokazateljem. Prema tome, značajnost se spolnih i jezičnih razlika u  $F_0$  ispitala složenom ANOVA-om te parovima t-testova. Rezultati deskriptivne i ANOVA analize te t-testovi uvelike se razlikuju. Naime, ispitivanjem značajnosti razlike utvrđeno je da je pri izgovoru svih vokala  $F_0$  značajno varijabilnija kod žena nego kod muškaraca, kako u hrvatskome tako i u srpskome jeziku, što je potvrđeno brojnim sociolingvističkim i sociofonetskim studijama u različitim svjetskim jezicima. Također, pokazalo se da govornici obaju spolova srpskoga jezika samo pri izgovoru vokala [e] statistički značajno više variraju u  $F_0$  u odnosu na govornike hrvatskoga jezika, dok kod preostalih vokala nije utvrđena statistički značajna razlika.

Naposljetku, u radu su ispitane korelacije između fundamentalne frekvencije i formanata kod govornika različitih jezika i spolova te njihova značajnost. Kod govornika hrvatskoga jezika Pearsonovim koeficijentom utvrđena je značajna korelacija između  $F_0$  i  $F_2$  te  $F_0$  i  $F_3$ , dok korelacija između  $F_0$  i prvoga formanta nije utvrđena niti kod muškaraca niti kod žena. Ukupno gledano, nešto je veći broj korelacija između  $F_0$  i formanata kod žena (pri izgovoru vokala [e], [i] i [o] između  $F_0$  i  $F_2$  te kod [u] između  $F_0$  i  $F_3$ ) nego kod muškaraca (kod vokala [i] između  $F_0$  i  $F_2$  te kod [u] između  $F_0$  i  $F_3$ ). Kod obaju je spolova u hrvatskome utvrđen veći broj korelacija između formanata samih, nego između formanata i fundamentalne frekvencije (kod muškaraca u vokalima [a] i [u] između  $F_1$  i  $F_2$  te kod [e] između  $F_2$  i  $F_3$  i kod žena u vokalima [a], [o] i [u] između  $F_1$  i  $F_2$  te kod [e] između  $F_2$  i  $F_3$ ).

Rezultati Pearsonovih korelacija fundamentalne frekvencije i formanata kod govornika srpskoga jezika pokazali su statistički značajne korelacije samo u skupini žena (između  $F_0$  i  $F_1$  te  $F_0$  i  $F_3$ ). Testiranjem značajnosti korelacije među formantima u srpskome jeziku utvrđena je značajnost korelacije između  $F_1$  i  $F_2$  u obje spolne skupine kod prednjega vokala [i] te stražnjih vokala [u] i [o] (kod muškaraca samo kod [o]). U radu je također potvrđena značajnost korelacije  $F_2$  i  $F_3$  u izgovoru prednjega vokala [i], o čijem su odnosu pisali brojni autori (Chistovich & Lublinskaya, 1979; Chistovich, 1985; Harrington, 2013 itd.). Sagledamo li rezultate na ukupnoj razini možemo zaključiti da je kod govornika hrvatskoga jezika utvrđen manji broj značajnih korelacija među formantima nego kod govornika srpskoga jezika. Također, pokazalo se da je kod govornika obaju jezika najveći broj značajnih korelacija utvrđen između prvoga i drugoga formanta te da je najveći broj korelacija među formantima utvrđen pri izgovoru prednjega vokala [i].

Na kraju, valjalo bi spomenuti da se ovim radom nastojao utvrditi referentni okvir formantskih frekvencija u hrvatskome jeziku, kojim se pridonijelo fonetici hrvatskoga jezika. Sociofonetski doprinos rada ogleda se u kontrastivnoj analizi hrvatskoga i srpskoga jezika, kojim su utvrđene svojevrsne akustičke razlike između jezika te u ispitivanju spolnoga dimorfizma pojedinih akustičkih parametara. U budućnosti se u okviru hrvatske forenzičke fonetike očekuje korištenje složenijih akustičkih analiza, po uzoru na svjetske istraživačke standarde, kojima je u podlozi referentni formantski okvir. Također, očekuje se mogući akustički opis regionalnih varijeteta u hrvatskome jeziku, koji će se moći staviti u kontekst općega hrvatskoga.

## POPIS LITERATURE

1. Abercrombie, D. (1967). *Elements of general phonetics*. Edinburgh: Edinburgh University Press.
2. Alderman, T. (2004). The Bernard data set as a reference distribution for Bayesian likelihood ratio-based forensic speaker identification using formants. *Proceedings of the 10th Australian International Conference on Speech Science & Technology*, (str. 510-515). Macquarie University, Australia.
3. Alexander, R. (2006). *Bosnian, Croatian, Serbian: a Grammar with Sociolinguistic Commentary*. Madison: The University of Wisconsin Press.
4. Alotaibi, I. A., & Hussain, A. (2010). Comparative Analysis of Arabic Vowels using Formants and an Automatic Speech Recognition System. *International Journal of Signal Processing*, 3(2), 11-22.
5. Arsenijević, B., & Gračanin-Yüksek, M. (2012). Patterns of Agreement in Serbian/Croatian/Bosnian Relative Clauses. *Sinfonija 5: 5th Conference on Syntax, Phonology and Language Analysis* (str. 1-15). Beč: Sinfonija 5.
6. Assmann, P. F. (1991). The Perception of Back Vowels: Centre of Gravity Hypothesis. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 43(3), 423-448.
7. Assmann, P. F. (1991). The Perception of Back Vowels: Centre of Gravity Hypothesis. *THE QUARTERLY JOURNAL OF EXPERIMENTAL PSYCHOLOGY*, 43(3), 423-448.
8. Atkinson, N. (2009). *Formant dynamics for SSBE monophthongs in unscripted speech*. University of York: Neobjavljeni magistarski rad.
9. Auburger, L. (2012). Položaj hrvatskoga književnog jezika i njegova pravopisa – jučer, danas i sutra. *KOLO*, XXII.(5-6), 118-135.
10. Avery, J. D., & Liss, J. M. (1996). Acoustic characteristics of less-masculine-sounding male speech. *The Journal of Acoustical Society of America*, 99(6), 3738-3748.
11. Babić, S., Finka, B., & Moguš, M. (1971). *Hrvatski pravopis*. Zagreb: Školska knjiga.
12. Bakran, J. (1986). Ortoepija na drugi način. *Jezik*, 33, 143-148.
13. Bakran, J. (1990). Djelovanje naglaska i dužine na frekvencije formanta vokala. *GOVOR*, VI(2), 1-12.
14. Bakran, J. (1996). *Zvučna slika hrvatskoga govora*. Zagreb: IBIS grafika.
15. Bakran, J., & Stamenković, M. (1990). Formanti prirodnih i sintetiziranih vokala hrvatskoga standardnoga govora. *GOVOR*, 7(2), 119-137.

16. Bakran, J., & Stamenković, M. (1990b). Inherentna frekvencija laringalnog tona u hrvatskom standardnom govoru. *GOVOR*, VII(1), 1-21.
17. Baldwin, J., & French, P. (1990). *Forensic Phonetics*. London: Pinter Publishers.
18. Barić, E., Lončarić, M., Malić, D., Pavešić, S., Peti, M., Zečević, V., i dr. (1995). *Hrvatska gramatika*. Zagreb: Školska knjiga.
19. Barreda, S. (2016). Investigating the use of formant frequencies in listener judgments of speaker size. *Journal of phonetics*, 55, 1-18.
20. Barreda, S., & Nearey, T. M. (2012). The direct and indirect roles of fundamental frequency in vowel perception. *The Journal of Acoustical Society of America*, 131(1), 466-477.
21. Becker, T., Jessen, M., & Grigoras, C. (2009). Speaker Verification based on Formants using Gaussian Mixture Models. *Proceedings of Interspeech 2008* (str. 1505-1508). Brisbane: ISCA.
22. Benešić, J. (1937). *Gramatyka języka chorwackiego czyli serbskiego*. Warszawa: Instytut Wydawniczy: Biblioteka Polska.
23. Biočina, Z., Varošanec-Škarić, G., & Bićanić, J. (2016). Comparison of F0 measures for male speakers of Croatian and Serbian. *25th Annual Conference of the International Association for Forensic Phonetics and Acoustics*, (str. 1-3). York.
24. Bloomfield, L. (1961). *Language*. Chicago: The University of Chicago Press.
25. Boersma, P., & Weenik, D. (2015). *Praat: doing phonetics by computer*. Preuzeto 11. 2 2018 iz <http://www.fon.hum.uva.nl/praat/>
26. Brander, D. (2014). Phonetic characteristics of hesitation vowels in Swiss German and their use for forensic phonetic speaker identification. *International Conference of Forensic Phonetics and Acoustics* (str. 11-12). Zürich: IAFPA 2014.
27. Braun, A. (1995). Fundamental frequency - how speaker-specific is it? U A. Braun, & J. P. Köster, *Studies in Forensic Phonetics* (str. 9-23). Trier: Die Deutsche Bibliothek.
28. Brodnjak, V. (1991). *Razlikovni rječnik srpskog i hrvatskog jezika*. Zagreb: Školska knjiga.
29. Brown, G., & Watt, D. (2017). Strengths and Weaknesses of using Feature Selection in Automatic Accent Recognition. *International Association of Forensic Phonetics and Acoustics* (str. 88-90). Split: IAFPA 2017.
30. Brown, K. (2006). *Encyclopedia of Language & Linguistics* (2nd izd.). Oxford: Elsevier.

31. Brozović, D. (1991). Fonologija hrvatskoga književnog jezika. U S. Babić, D. Brozović, M. Moguš, S. Pavešić, I. Škarić, & S. Težak, *Povijesni pregled, glasovi i oblici hrvatskoga književnog jezika* (str. 379-738). Zagreb: HAZU, Nakladni zavod Globus.
32. Bryant, G. A., & Haselton, M. G. (2008). Vocal cues of ovulation in human females. *Biology letters*, 5, 12-15.
33. Bugarski, R. (1997). *Jezici*. Beograd: Čigoja Štampa, XX. vek.
34. Byrne, C., & Foulkes, P. (2004). The 'Mobile Phone Effect' on vowel formants. *International Journal of Speech, Language and the Law*, 11(1), 83-102.
35. Byrne, D., Dillon, H., Tran, K., Arlinger, S., Wilbraham, K., Cox, R., i dr. (1994). An International comparison of long-term average speech spectra. *The Journal of Acoustical Society of America*, 94(4), 2108-2120.
36. Carović, I. (2014). *Ultrazvučno istraživanje artikulacije i koartikulacije hrvatskoga vokalskog sustava*. Zagreb: Filozofski fakultet. Neobjavljena doktorska disertacija.
37. Chambers, J. K., & Trudgill, P. (1998). *Dialectology*. Cambridge: Cambridge University Press.
38. Chan, R., & Nolan, F. (2016). Correlations between Tonal f0 and Vowel Formants. *International Association for Forensic Phonetics and Acoustics 2016* (str. 29-30). York: IAFPA 2016.
39. Chistovich, L. A. (1985). Central auditory processing of peripheral vowel spectra. *Journal of the Acoustical Society of America*, 77(3), 789-805.
40. Chistovich, L. A., & Lublinskaya, V. A. (1979). The 'center of gravity' effect in vowel spectra and critical distance between the formants: Psychoacoustical study of the perception of vowel-like stimuli. *Hearing Research*, 1(3), 185-195.
41. Clark, H. H., & Fox Tree, J. E. (2002). Using uh and um in spontaneous speaking. *Cognition*, 84, 73-11.
42. Clark, J., & Yallop, C. (1995). *An introduction to phonetics and phonology* (2nd izd.). Oxford: Blackwell.
43. Collins, S. A. (2000). Men's voices and women's choices. *Animal behaviour*, 60(6), 773-780.
44. Crystal, D. (2010). *The Cambridge encyclopedia of language*. Cambridge: Cambridge University Press.
45. De Jong, G., McDougall, K., Hudson, T., & Nolan, F. (2007). The Speaker Discriminating Power of Sounds Undergoing Historical Chaneg: A Formant-based

Study. *International Congress of Phonetic Sciences* (str. 1813-1816). Saarbrücken: ICPHS XVI 2007.

46. Deklaracija o nazivu i položaju hrvatskog književnog jezika. (2009). *KOLO*, 1-2.
47. Diehl, R. L., Lindblom, B., Hoemeke, K. A., & Fahey, R. P. (1996). On explaining certain male-female differences in the phonetic realisation of vowel categories. *Journal of phonetics*, 24, 187-208.
48. Dittmar, N. (1997). *Grundlagen der Soziolinguistik - Ein Arbeitsbuch mit Aufgaben*. Tübingen: Max Niemeyer Verlag.
49. Dromey, C., Jang, G., & Hollis, K. (2013). Assessing correlations between lingual movements and formants. *Speech Communication*, 55, 315-328.
50. Dromey, C., Nissen, S., Roy, N., & Merrill, R. M. (2008). Articulatory changes following treatment of muscle tension dysphonia: preliminary acoustic evidence. *Journal of Speech, Language, and Hearing Research*, 51, 196-208.
51. Dropuljić, B., Skansi, S., & Mršić, L. (2016). Metodologija estimacije emocionalnih stanja na temelju akustičkih značajki govora. *International Journal of Digital Technology & Economy*, 1(1), 53-74.
52. Eckert, P. (1997). Age as a Sociolinguistic Variable. U F. Coulmas, *Handbook of Sociolinguistics* (str. 151-167). Oxford: Blackwell.
53. Eckert, P. (2000). *Linguistic Variation as Social Practice*. Oxford: Blackwell.
54. Eide, E., & Gish, H. (1996). A parametric approach to vocal tract length normalization. *ICASSP* (str. 346-348). Atlanta: Acoustics, Speech, and Signal Processing.
55. Enzinger, E. (2010). Characterizing formant tracks in Viennese diphthongs for forensic speaker comparison. *Proceedings of the AES 39th International Conference – Audio Forensics*, (str. 47-52). Hillerød, Denmark.
56. Erickson, M. L. (2004). The Interaction of Formant Frequency and Pitch in the Perception of Voice Category and Jaw Opening in Female Singers. *Journal of Voice*, 18(1), 24-37.
57. Fairbanks, G., & Pronovost, W. (1939). An Experimental Study of the Durational Characteristics of the Voice During the Expression of Emotion. *Speech Mono*, 8, 87-104.
58. Fant, G. (1960). *Acoustic theory of speech production*. The Hague: Mouton.
59. Farnetani, E., & Recasens, D. (2013). Coarticulation and Connected Speech Processes. U W. J. Hardcastle, *The Handbook of Phonetic Sciences* (str. 316-353). Oxford: Wiley Blackwell.



60. Feinberg, D. R., Jones, B. C., Little, A., Burt, M. D., & Perrett, D. I. (2005). Manipulations of fundamental and formant frequencies. *Animal Behaviour*, 69, 561-568.
61. Feiser, H. S., & Draxler, C. (2014). Perceptual voice similarity of related speakers: telephone and microphone recordings. *International Conference of Forensic Phonetics and Acoustics* (str. 1-2). Zürich: IAFPA 2014.
62. Fitch, W. T. (1994). *Vocal tract length peception and the evolution of language*. Brown: Brown University.
63. Fitch, W. T. (1997). Vocal tract length and formant frequency dispersion correlate with body size in rhesus macaques. *The Journal of Acoustical Society of America*, 102(2), 1213-1222.
64. Fitch, W. T., & Giedd, J. (1999). Morphology and development of the human vocal tract: a study using magnetic resonance imaging. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 106(3), 1511-1522.
65. Flügel, C., & Rohen, J. W. (1991). The craniofacial proportions and laryngeal position in monkeys and man of different ages (a morphometric study based on CT-scans and radiographs). *Mechanisms of Ageing and Development*, 61(1), 65-83.
66. Foulkes, P. S. (2013). Sociophonetics. U W. J. Hardcastle, *The Handbook of Phonetic Sciences* (str. 703-754). Oxford: Wiley-Blackwell.
67. Fraser, H. (2003). Issues in transcription: factors affecting the reliability of transcripts as evidence in legal cases. *The International Journal of Speech, Language and the Law*, 203-226.
68. Fraser, H. (2014). Transcription of indistinct forensic recordings: Problems and solutions from the perspective of phonetic science. *Forensic Phonetics Australia*, 1-17.
69. Fraser, H. (2017). 'Assisting' listeners to hear words that aren't there: dangers in using police transcripts of indistinct covert recordings. *Australian Journal of Forensic Sciences*, 1-11.
70. Fraser, H., & Stevenson, B. (2014). The Power and Persistence of Contextual Priming: More Risks in Using Police Transcripts to Aid Jurors' Perception of Poor Quality Covert Recordings. *The International Journal of Evidence and Proof*, 205-229.
71. French, P., Foulkes, P., Harrison, P., & Stevens, L. (2012). Vocal tract output measures: relative efficacy, interrelationships and limitations. *Conference of the International Association of Forensic Phonetics and Acoustics Conference*, (str. 1-3). Santander, Spain.

72. French, P., Harrison, P., Kirchübel, K., Rhodes, R., & Wormald, J. (2017). From Receipt of Recordings to Dispatch of Report: Opening the Blinds on Lab Practices. *International Association of Forensic Phonetics and Acoustics* (str. 29-31). Split: IAFPA 2017.
73. Fridlund, A. J. (1994). *Human Facial Expression: An Evolutionary View*. San Diego: Academic Press.
74. Fry, D. B. (1979). *The Physics of Speech*. Cambridge: Cambridge University Press.
75. Gay, T. (1977). Effect of speaking rate on vowel formant movements. *Speech Research Summary Report: STL\_QPRS*, 18(2-3), 8-30.
76. Gelfer, M. P., & Mikos, V. A. (2005). The relative contributions of speaking fundamental frequency and formant frequencies to gender identification based on isolated vowels. *Journal of Voice*, 19(4), 544-554.
77. Gfroerer, S., & Wagner, I. (1995). Fundamental frequency in forensic speech samples. U A. Braun, & J.-P. Köster, *Studies in Forensic Phonetics* (str. 41-48). Trier: Wissenschaftlicher Verlag Trier.
78. Gold, E. (2013). *Calculating likelihood ratios for forensic speaker comparison using phonetic and linguistic parameters*. York: Neobjavljeni doktorski rad.
79. Gold, E., French, P., & Harrison, P. (2013). Examining long-term formant distributions as a discriminant in forensic speaker comparison under a likelihood ratio framework. *International Congress on Acoustics*. 19, str. 1-8. Montreal: ICA 2013.
80. Gold, E., Ross, S., & Earnhaw, K. (2017). Delimiting the West Yorkshire population: Examining the regional-specificity of hesitation markers. *International Association of Forensic Phonetics and Acoustics* (str. 50-53). Split: IAFPA 2017.
81. Goldstein, U. (1980). An articulatory model for the vocal tracts of growing children. *Doctoral dissertation*.
82. González, J. (2006). Research in Acoustics of Human speech sounds: Correlates and perception of speaker body size. *Recent Research Developments in Applied Physics*, 9, 1-15.
83. González-Rodríguez, J., & Franco-Pedroso, J. (2016). Formant-based Likelihood Ratios in Automatic Speaker Recognition from Linguistically-constrained i-vectors. *International Association of Forensic Phonetics and Acoustics 2016* (str. 42-43). York: IAFPA 2016.
84. Gordon, M., & Heath, J. (1998). Sex, Sound, Symbolism and Sociolinguistics. *Current Anthropology*, 39(4), 421-449.
85. Gottfried, T. L., & Chew, S. L. (1986). Intelligibility of vowels sung by a countertenor. *The Journal of Acoustical Society of America*, 79, 124-130.

86. Grčević, M. (2002). O suvremenome serbokroatizmu hrvatskoga podrijetla. *Republika*, LVIII.(7-9), 219-235.
87. Grčević, M. (2008). Poteškoće u priznavanju hrvatskoga jezika u inozemstvu. *Jezik: časopis za kulturu hrvatskoga književnog jezika*, 55(5), 189-192.
88. Grčević, M. (2012). Institucionalna jezična politika u Republici Hrvatskoj i položaj hrvatskoga jezika danas. *KOLO*, XXII(5-6), 143-167.
89. Grčević, M. (2014). Vanjskopolitički utjecaji na hrvatski književnojezični razvoj u drugoj polovici XIX. stoljeća. *Jezik : časopis za kulturu hrvatskoga književnog jezika*, 61(3), 94-106.
90. Grčević, M., & Gregurić, R. (2015). Razgraničenje nestandardnoga i standardnoga hrvatskoga jezika i jezično planiranje na primjeru riječi "podhodnik". *Nestandardni hrvatski jezik prema standardnom hrvatskom jeziku* (str. 33-47). Zagreb: Agencija za odgoj i obrazovanje.
91. Guberina, P., & Krstić, K. (1940). *Razlike između hrvatskoga i srpskoga književnog jezika*. Zagreb: Matica hrvatska.
92. Gudurić, S. (2004). *O prirodi glasova*. Beograd: Zavod za udžbenike i nastavna sredstva.
93. Halberstam, B., & Raphael, L. J. (2004). Vowel normalization: the role of fundamental frequency and upper formants. *Journal of Phonetics*, 32, 423-434.
94. Handbook of the International Phonetic Alphabet, I. (1999). *Handbook of the International Phonetic Association*. Cambridge: Cambridge University Press.
95. Hanson, H. M., & Chuang, E. S. (1999). Glottal characteristics of male speakers: Acoustic correlates and comparison with female data. *The Journal of Acoustical Society of America*, 106(2), 1064-1077.
96. Harries, M., Walker, J. M., Williams, D. M., & Hughes, I. A. (1997). Changes in the male voice at puberty. *Archives of Disease in Childhood*, 77(5), 445-447.
97. Harrington, J. (2013). Acoustic phonetics. U W. J. Hardcastle, J. Laver, & F. Gibbob, *Handbook of phonetic sciences* (str. 81-129). Oxford: Wiley-Blackwell.
98. Harrison, P. T. (2013). *Making Accurate Formant Measurements: An Empirical Investigation of the Influence of the Measurement Tool, Analysis Settings and Speaker on Formant Measurements*. York: University of York.
99. Hayward, K. (2000). *Experimental Phonetics*. Harlow: Pearson Education Limited.
100. Herren, W. (2017). Speaker-dependency of /s/ in spontaneous telephone conversation. *International Association of Forensic Phonetics and Acoustics* (str. 68-71). Split: IAFPA 2017.

101. Hicks, J. W. (1981). The Reflection of Stress in Voice-1: Understanding the Basic Correlates. *Carnahan Conf. Crime Countermeasures* (str. 189-194). Lexington: KY.
102. Hillenbrand, J. M. (2013). Static and Dynamic Approaches to Vowel Perception. U G. S. Morrison, & P. F. Assmann, *Vowel Inherent Spectral Change* (str. 9-30). Berlin: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
103. Hillenbrand, J., Getty, L. A., Clark, M. J., & Wheeler, k. (1995). Acoustic characteristics of American English vowels. *Journal of the Acoustical Society of America*, 97, 3099-3111.
104. Hollien, H. (1990). *The Acoustics of Crime: The New Science of Forensic Phonetics*. New York: Plenum Press.
105. Hollien, H. (2002). *Forensic Voice Identification*. London: Academic Press.
106. Hollien, H., & Paul, P. (1969). A Second Evaluation of the Speaking Fundamental Frequency Characteristics of Post-Adolescent Girls. *Language and Speech*, 12, 119-124.
107. Hollien, H., & Shipp, T. (1972). Speaking fundamental frequency and chronologic age in males. *Journal of Speech and Hearing Research*, 15, 155-159.
108. Horga, D., & Liker, M. (2016). *Artikulacijska fonetika: anatomija i fiziologija izgovora*. Zagreb: IBIS grafika.
109. Horga, D., & Škarić, I. (2007). Język chorwacki. *Komparacja współczesnych języków słowiańskich, t. 2: Fonetyka, Fonologia* (str. 531-557). OPOLE: Uniwersytet Opolski - Instytut Filologii Polskiej.
110. Howard, D. M. (2002). The real and the non-real in speech measurements. *Medical Engineering & Physics*, 24, 493-500.
111. Huber, J. E., Stathopoulos, E. T., Curione, G. M., Ash, T. A., & Johnson, K. (1999). Formants of women, children and men: The effect of vocal intensity variation. *The Journal of Acoustical Society of America*, 106(3), 1532-1542.
112. Hudson, R. A. (1990). *Sociolinguistics*. Cambridge: Cambridge University Press.
113. Hudson, T., Duckworth, M., McDougall, K., & Setter, J. (2016). Comparing and Interpreting Formant Values. *International Conference of Forensic Phonetics and Acoustics 2016* (str. 90-91). York: IAFPA 2016.
114. Hughes, V., Harrison, P., French, P., Cavanagh, C., & San Segundo, E. (2017). The complementarity of automatic, semi-automatic, and phonetic measures of vocal tract output in forensic voice comparison. *International Association of Forensic Phonetics and Acoustics* (str. 83-85). Split: IAFPA 2017.

115. Inc., M. (2015). *MATh Works*. Preuzeto 12. 4 2018 iz MathWorks Inc.: <https://www.mathworks.com/>
116. Ivić, P., & Lehiste, I. (1963). Prilozi ispitivanju fonetske i fonološke prirode akcenata u savremenom srpskohrvatskom jeziku. *Zbornik za filologiju i lingvistiku*, VI, 31-73.
117. Ivić, P., & Lehiste, I. (1965). Prilozi ispitivanju fonetske i fonološke prirode akcenata u savremenom srpskohrvatskom jeziku. *Zbornik za filologiju i lingvistiku*, VIII, 75-119.
118. Ivić, P., & Lehiste, I. (1967). Prilozi ispitivanju fonetske i fonološke prirode akcenata u savremenom srpskohrvatskom jeziku. *Zbornik za filologiju i lingvistiku*, X, 55-95.
119. Ivić, P., & Lehiste, I. (1996). *Prozodija reči i rečenice u srpskohrvatskom jeziku*. Novi Sad: Izdavačka knjižarnica Zorana Stojanovića.
120. Jessen, M. (2008). Forensic Phonetics. *Language and Linguistics Compass*, 2(4), 671-711.
121. Jessen, M., Köster, O., & Gfroerer, S. (2003). Effect of increased vocal effort on average and range of fundamental frequency in a sample of 100 German-speaking male subjects. *5th International Congress of Phonetic Sciences* (str. 1623-1626). Barcelona: .
122. Ježić, M. (2012). Hrvatski jezik na pragu Europske unije. *KOLO*, XXII.(5-6), 99-107.
123. Johns-Lewis, C. (1986). Prosodic differentiation of discourse modes. U C. Johns-Lewis, *Intonation in Discourse* (str. 199-219). London: Croom Helm.
124. Johnson, K. (2012). *Acoustic and Auditory Phonetics* (3rd izd.). Oxford: Willey Blackwell.
125. Jokanović-Mihajlov, J. (2007). *Akcent i intonacija govora na radiju i televiziji*. Beograd: Čigoja štampa.
126. Jovanović, N. M., & Jovičić, S. T. (2011). Uticaj načina upotrebe mobilnog telefona na formante srpskih vokala. *Telecommunications Forum TELFOR* (str. 1083-1086). Beograd: 19th Telecommunications forum TELFOR 2011.
127. Jovičić, S. T. (1999). *Govorna komunikacija - fiziologija, psihoakustika i percepcija*. Beograd: Nauka.
128. Jovičić, S. T., & Kašić, Z. (2009). Intra-spikerske varijacije u govoru: forenzičke implikacije. *International Conference on Applied Linguistics* (str. 129-140). Novi Sad: International Conference on Applied Linguistics.

129. Jovičić, S. T., Jovanović, N., Subotić, M., & Grozdić, Đ. (2015). Impact of mobile phone usage on speech spectral features: some preliminary findings. *The International Journal of Speech, Language and the Law*, 22(1), 111-125.
130. Kalogjera, D. (2003). Prihvaćeni izgovor vs. Received pronunciation. *GOVOR*, XX(1-2), 181-190.
131. Kapović, M. (2011). *Čiji je jezik*. Zagreb: Algoritam.
132. Kendall, T., & Vaughn, C. (2015). Measurement variability in vowel formant estimation: A simulation experiment. *International Congress of Phonetic Sciences* (str. 1-6). Glasgow: ICPhs 2015.
133. Kent, R. D., & Read, C. (2002). *The Acoustic Analysis of Speech*. Australia: Singular/Thomson Learning.
134. Kersta, L. G. (1962). Voiceprint Identification. *Nature*, 1253-1257.
135. Kišiček, G. (2012). *Forenzično profiliranje i prepoznavanje govornika urbanih varijeteta hrvatskoga jezika*. Zagreb: Doktorski rad.
136. Klatt, D. H., & Klatt, L. C. (1990). Analysis, synthesis, and perception of voice quality variations among female and male talkers. *The Journal of Acoustical Society of America*, 87(2), 820-857.
137. Klatt, D. H., & Klatt, L. C. (12. July 2005). *Klatt Grid*. Preuzeto 6. 11 2017 iz Klatt Grid: <http://www.fon.hum.uva.nl/praat/manual/KlattGrid.html>
138. Klug, K. (2014). VPA Settings and their Acoustic Effects. *23d Conference of the International of Forensic Phonetics and Acoustics* (str. 11-13). Zürich: IAFPA.
139. Knowles, K. K., & Little, A. C. (2016). Vocal fundamental and formant frequencies affect perceptions of speaker cooperativeness. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*, 69(9), 1657-1675.
140. Kordić, S. (2001). *Republika*, 57(1-2), 236-243.
141. Kovačec, A. (2012). Hrvatska danas – bez sustavne jezične politike. *KOLO*, XXII.(5-6), 107-112.
142. Krmpotić, M. (1992). *Jezični priručnik*. Zagreb: Hrvatska radiotelevizija.
143. Künzel, H. (2001). Beware of the 'telephone effect': the influence of telephone transmission on the measurement of formant frequencies. *Forensic Linguistics*, 8(1), 80-99.
144. Künzel, H. J. (1987). *Spreschererkennung*. Heidelberg: Kriminalistik Verlag.
145. Künzel, H. J. (1989). How Well Does Average Fundamental Frequency Correlate with Speaker Height and Weight? *Phonetica*, 46, 117-125.

146. Labov, W. (1972). Hypercorrection by the lower middle class as a factor in linguistic change. *Sociolinguistic patterns*, 122-142.
147. Labov, W. (1990). The intersection of sex and social class in the course of linguistic change. *Language Variation and Change*, 2, 205-254.
148. Labov, W. (2006). *The Social Stratification of English in New York City*. Cambridge: Cambridge University Press.
149. Labov, W. (2010). *Principles of Linguistic Change, Cognitive and Cultural Factors*. Oxford: Wiley-Blackwell.
150. Ladefoged, P. (2003). *Phonetic Data Analysis: An introduction to Fieldwork and Instrumental Techniques*. Oxford: Blackwell Publishing.
151. Ladefoged, P., & Broadbent, D. E. (1957). Information Conveyed by Vowels. *The Journal of Acoustical Society of America*, 29(1), 98-104.
152. Ladefoged, P., & Ferrari Disner, S. (2012). *Vowels and Consonants* (3rd izd.). Oxford: Willey Blackwell.
153. Landau, E., Lončarić, M., Horga, D., & Škarić, I. (1999). Croatian. U IPA, *Handbook of the International Phonetic Association* (str. 66-69). Cambridge: Cambridge University Press.
154. Langston, K., & Peti-Stantic, A. (2014). *Language Planning and National Identity in Croatia*. London: Palgrave Macmillan UK.
155. Lass, N. J. (1978). Correlational study of speakers' heights, weights, body surface areas, and speaking fundamental frequencies. *The Journal of Acoustical Society of America*, 63, 1218-1220.
156. Laver, J. (1980). *The phonetic description of voice quality*. London: Cambridge Sudies in Linguistics, 31.
157. Laver, J., & Trudgil, P. (1979). Phonetic and linguistic markers in. U K. R. Scherer, & H. Giles, *Social markers in speech* (str. 1-32). Cambridge: Cambridge University Press.
158. Lee, S., Potamianos, A., & Narayanan, S. (1999). Acoustics of children's speech: Developmental changes of temporal and spectral parameters. *Journal of the Acoustical Society of America*, 105(3), 1455-1468.
159. Lieberman, P. (1968). Primate vocalization and human linguistic ability. *The Journal of the Acoustic Society of America*, 1574-1584.
160. Lindau, M. (1978). Vowel features. *Language*, 54(3), 541-563.

161. Lindblom, B. E., & Sundberg, J. E. (1971). Acoustical consequences of lip, tongue, jaw, and larynx movement. *The Journal of Acoustical Society of America*, 50, 1166-1179.
162. Lindh, J. (2017). *Forensic Comparison of Voices, Speech and Speakers*. Göteborg: Dissertation.
163. Linke, G. (1992). *Mali jezični priručnik*. Zagreb: Azur Journal.
164. Lisac, J. (1999). Leksička norma i hrvatska narječja. *Norme i normiranje* (str. 246-259). Zagreb: Matica hrvatska.
165. Liss, J. M., & Weismer, G. (1992). Qualitative acoustic analysis in the study of motor speech disorders. *Journal of Acoustical Society of America*, 92, 2984-2987.
166. Maher, R. C. (2009). Audio Forensic Examination - Authenticity, enhancement, and interpretation. *IEEE Signal Processing Magazine*, 84, 84-94.
167. Maher, R. C. (2010). Overview of Audio Forensics. U H. T. Sencar, S. Velastin, N. Nikolaidis, & S. Lian, *Intelligent Multimedia Analysis for Security Applications* (str. 127-144). Berlin: Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
168. Majewski, W., Hollien, H., & Zalewski, J. (1972). Speaking Fundamental Frequency of Polish Adult Males. *Phonetica*, 25(2), 119-125.
169. Malmberg, B. (1974). *Fonetika*. Sarajevo: IP Svjetlost i OOUR Zavod za udžbenike.
170. Marković, M. (2007). *Kontrastivna analiza akustičkih i artikulacionih karakteristika vokalskih sistema engleskog i srpskog jezika*. Novi Sad: Doktorski rad.
171. Marković, M. (2012a). *Uporedna proučavanja vokala engleskog i srpskog jezika: između univerzalnog i specifičnog*. Novi Sad: Filozofski fakultet.
172. Marković, M. (2012b). Teorija disperzije i vokalski sistem srpskog jezika. *Zbornik Matice srpske za filologiju i lingvistiku*, LV(2), 53-70.
173. Marković, M., & Bjelaković, I. (2006). Neke akustičke karakteristike vokala u govoru Novog Sada. *Godišnjak Filozofskog fakulteta u Novom Sadu*, XXXI, 327-346.
174. Marković, M., & Bjelaković, I. (2008). Kontrastivna akustička analiza vokalskih sistema srpskog i hrvatskoga jezika. *Die Unterschiede zwischen dem Bosnischen/Bosniakischen, Kroatischen und Serbischen*, 200-215.
175. Marković, M., & Bjelaković, I. (2009). Kvantitet naglašenih vokala u govoru Novog Sada. U Ž. Bošnjaković, *Govor Novog Sada, Svezak I: Fonetske osobine, Lingvističke sveske 8* (str. 148-159). Novi Sad: Filozofski fakultet.



176. Martinović, B. (2014). *Na putu do naglasne norme - oprimjereno imenicama*. Zagreb: Hrvatska sveučilišna naklada, Sveučilište Jurja Dobrile u Puli.
177. Matasović, R. (2001). *Uvod u poredbenu lingvistiku*. Zagreb: Matica Hrvatska.
178. Matasović, R. (2012). Četiri crna scenarija o budućnosti hrvatskoga jezika (i razlozi zašto oni nisu vjerojatni). *KOLO*, XXII.(5-6), 167-172.
179. McDougal, K. (2004). Speaker-specific formant dynamics: An experiment on Australian English /aI/. *International Journal of Speech, Language and the Law*, 11(1), 103-130.
180. McDougal, K. (2006). Dynamic Features of Speech and the Characterisation of Speakers: Towards a New Approach Using Formant Frequencies. *International Journal of Speech, Language and the Law*, 13(1), 89-126.
181. McDougal, K. (2014). Listeners' perception of voice similarity in Standard Southern British English versus York English. *International Association of Forensic Phonetics and Acoustics* (str. 1-2). Zürich: IAFPA 2014.
182. Mermelstein, P. (1967). Determination of the Vocal-Tract Shape from Measured Formant Frequencies. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 41(5), 1283-1294.
183. Mićanović, K. (2008). *Hrvatski s naglaskom*. Zagreb: Disput.
184. Milroy, J., & Milroy, L. (2000). Varieties and Variation. U F. Coulmas, *The Handbook of Sociolinguistics* (str. 47-64). London: Blackwell Publications.
185. Moguš, M. (1995). *Povijest hrvatskoga književnoga jezika*. Zagreb: Nakladni zavod Globus.
186. Morton, E. S. (1977). On the Occurrence and Significance of Motivation-Structural Rules in Some Bird and Mammal Sounds. *The American Naturalist*, 111(981), 855-869.
187. Narang, V., Misra, D., & Yadav, R. (2005). F1 and F2 Correlation with F0: A Study of Vowels of Hindi, Punjabi, Korean and Thai. *International Journal of Asian Language Processing*, 22(2), 63-73.
188. Nolan, F. (1983). *The phonetic bases of speaker recognition*. Cambridge: Cambridge University Press.
189. Nolan, F. (1999). Speaker Recognition and Forensic Phonetics. U W. J. Hardcastle, & J. Laver, *The Handbook of Phonetic Sciences* (str. 743-767). Oxford: Wiley-Blackwell.

190. Nolan, F. (2005). Forensic Speaker Identification and the Phonetic Description of Voice Quality. U W. J. Hardcastle, & J. Beck, *A Figure of Speech: a Festschrift for John Laver* (str. 385-411). Mahwah, New Jersey: Erlbaum.
191. Nolan, F. (2007). Voice Quality and Forensic Speaker Identification. *GOVOR*, XXIV(2), 111-128.
192. Nolan, F., & Grigoras, C. (2005). A case for formant analysis in forensic speaker identification. *International Journal of Speech, Language and the Law*, 12(2), 143-173.
193. Nolan, F., McDougal, K., De Jong, G., & Hudson, T. (2009). The DyViS database: style-controlled recordings of 100 homogeneous speakers for forensic phonetic research. *International Journal of Speech, Language and the Law*, 16(1), 31-57.
194. Nusbaum, H. C., & Morin, T. M. (1992). Paying attention to differences among talkers. U Y. Tohkura, E. Vatikiotis-Bateson, & Y. Sagisaka, *Speech perception, production and linguistic structure* (str. 113-123). Amsterdam: IOS Press.
195. Ohala, J. (1994). The frequency code underlies the sound-symbolic use of voice pitch. U L. Hinton, J. Nichols, & J. Ohala, *Sound symbolism* (str. 325-347). Cambridge: Cambridge University Press.
196. Ohala, J. J. (1980). The Acoustic Origin of the smile. *100th meeting of the Acoustical Society of America* (str. 1-11). Los Angeles: The Journal of the Acoustical Society of America.
197. Ohde, R. N., & German, S. R. (2011). Formant onsets and formant transitions as developmental cues to vowel perception. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 130(3), 1628-1642.
198. Paillereau, M. N. (2016). Do isolated vowels represent vowel targets in French? An acoustic study on coarticulation. *Congrès Mondial de Linguistique Française* (str. 1-10). Tours: CMLF 2016.
199. Pavuna, S. (1993). *Govorimo li ispravno hrvatski?* Zagreb: Biblioteka Hrvatski dom.
200. Pépiot, E. (2014). Male and female speech: a study of mean f0, f0 range, phonation type and speech rate in Parisian French and American English speakers. *Speech prosody*, 7, 305-309.
201. Peti-Stantić, A., & Langston, K. (2016). Borderlands and Transborder Regions of the Croatian Language: How Far Back in History is Enough? U T. Kamusella, M. Nomachi, & C. Gibson, *The Palgrave Handbook of Slavic Languages, Identities and Borders* (str. 309-329). Basinstoke, New York: Palgrave MacMillan.

202. Petz, B. (2007). *Osnovne statističke metode za nematematičare*. Zagreb: Naklada Slap.
203. Pletikos, E. (2003). Akustički opis hrvatskih standardnih naglasaka. *GOVOR*, XX(1-2), 321-345.
204. Płonkowski, M. (2015). Using bands of frequencies for vowel recognition for Polish language. *International Journal of Speech Tecnology*, 18(2), 187-193.
205. Prica, B., & Ilić, S. (2010). Recognition Vowels in Continuous Speech by Using Formants. *Facta Universitatis*, 23(3), 379-393.
206. Puts, D. A., Gaulin, S. J., & Verdolini, K. (2006). Dominance and the evolution of sexual dimorphism in human voice pitch. *Evolution and Human Behavior*, 283-296.
207. Puts, D. A., Hodges, C. R., Cárdenas, R. A., & Gaulin, S. J. (2007). Men's voices as dominance signals: vocal fundamental and formant frequencies influence dominance attributions among men. *Evolution and Human Behaviour*, 28, 340-344.
208. Rađenović, P., & Jovičić, S. (1997). Neke promene u karakteristikama govora u buci. *XLI Konferencija za ETRAN* (str. 582-584). Zlatibor: Konferencija za ETRAN.
209. Rappaport, W. (1958). Über Messungen der Tonhöhenverteilung in der deutschen Sprache. *Acustica*, 8, 220-225.
210. Recasens, D., Pallares, M. D., & Fontdevila, J. (1997). A model of lingual coarticulation based on articulatory constraints. *The Journal of Acoustical Society of America*, 544-561.
211. Reubold, U., Harrington, J., & Kleber, F. (2010). Vocal aging effects on F0 and the first formant: A longitudinal analysis in adult speakers. *Speech Communications*, 52, 638-651.
212. Rose, P. (1991). How effective are longterm mean and standard deviation as normalisation parameters for tonal fundamental frequency? *Speech Communication*, 10, 229-247.
213. Rose, P. (2002). *Forensic Speaker Identification*. London: Taylor & Francis.
214. Rose, P. (2010). Bernard's 18 – vowel inventory size and strength of forensic voice comparison evidence. *Proceedings of the 13th Australian International Conference on Speech and Technology*, (str. 30-33). Melbourne.
215. Ryalls, J. H., & Lieberman, P. (1982). Fundamental frequency and vowel perception. *Journal of the Acoustical Society of America*, 72, 1631-1634.
216. Saks, M. J., & Koehler, J. J. (2005). The coming paradigm shift in forensic identification science. *Science*, 309, 892-895.

217. Samardžija, M. (2002). *Nekoć i nedavno. Odabrane teme iz leksikologije i novije povijesti hrvatskoga standardnoga jezika*. Rijeka: Rijeka izdavački centar.
218. Samardžija, M. (2015). *Srpsko – hrvatski objasnidbeni rječnik*. Zagreb: Matica hrvatska.
219. Schulman, R. (1989). Articulatory dynamics of loud and normal speech. *Journal of Acoustical Society of America*, 85(1), 295-312.
220. Sharifzadeh, H. R., & McLoughlin, I. V. (2012). Whisper vowel diagrams for Singapore English. *International Conference on Communications* (str. 77-202). COMM 2012.
221. Shriberg, E. (1996). Discfluencies in switchboard. *International Conference on Spoken Language Processing (OCSLP)* (str. 11-14). Philadelphia: OCSLP 96.
222. Simić, R., & Ostojić, B. (1989). *Osnovi fonologije srpskohrvatskoga književnog jezika*. Nikšić: Univerzitetska riječ.
223. Sjölander, K., & Beskow, J. (12. 9 2017). *Source Forge*. Preuzeto 6. 11 2017. iz Wave Surfer: <https://sourceforge.net/projects/wavesurfer/>
224. Skarnitzl, R., Vaňková, J., & Nechanský, T. (2015). Speaker discrimination using formant trajectories from casework recordings: Can LDA do it. *International Conference of Phonetic Sciences* (str. 1-5). Glasgow: ICPhs 2015.
225. Sørensen, A. M. (2012). Voice line-ups: speakers'f0 values influence the reliability of voice recognitions. *The International Journal of Speech, Language and the Law*, 19(2), 145-158.
226. Stevens, K. N. (1998). *Acoustic phonetics*. Cambridge: The MIT Press.
227. Stevens, K. N., & House, A. S. (1963). Perturbation of vowel articulations by consonantal context: an acoustical study. *Journal of Speech and Hearing Research*, 6(2), 111-126.
228. Sudimac, L. N. (2016a). Sociofonetski pogled na srpske jezične varijetete - percepcija. *Akustika. Stavovi. Philologia Mediana*, VIII(8), 555-586.
229. Sudimac, L. N. (2016b). Kontrastivna analiza visokih/zatvorenih vokala u produkciji izvornih govornika britanskog engleskog i srpskog jezika. *Filolog*, VII(14), 36-56.
230. Sundberg, J., & Nordström, P. E. (1976). Raised and lowered larynx - the effect on vowel formant frequencies. *STL-QPRS*, 17(2-3), 35-39.
231. Sutton, S. (2016). Combining vowel formants and automatic speaker recognition variables in forensic voice comparison. *International Association of Forensic Phonetics and Acoustics 2016* (str. 130-131). York: IAFPA 2016.

232. Šamija, I. B. (1992). *Razlikovnica hrvatskoga i srpskoga jezika*. Zagreb: Galia-vino.
233. Šamija, I. B., & Lukačić, D. (1991). *Razlike između hrvatskoga i srpskoga jezika*. Zagreb: Ivan Branko Šamija.
234. Šipka, D. (2007). *Comparative Reference Grammar of Bosnian, Croatian and Serbian*. Springfield, SAD: Springfield.
235. Škarić, I. (1991). Fonetika hrvatskog književnog jezika. U S. Babić, D. Brozović, V. Moguš, S. Pavešić, I. Škarić, & S. Težak, *Povijesni pregled, glasovi i oblici hrvatskoga književnoga jezika: nacrti za gramatiku* (str. 17-151). Zagreb: HAZU, Globus.
236. Škarić, I. (2006). *Hrvatski govorili*. Zagreb: Školska knjiga.
237. Škarić, I. (2009). *Hrvatski izgovor*. Zagreb: Nakladni zavod Globus.
238. Škarić, I., & Lazić, N. (2002). Vrijednosni sudovi o hrvatskim naglascima. *GOVOR*, XIX(1), 5-34.
239. Škarić, I., Babić, Z., Škavić, Đ., & Varošaneć, G. (1987). Silazni naglasci na nepočetnim slogovima riječi. *Govor*, 4(2), 139-151.
240. Škavić, Đ. (1996). Naglasci na -avljati. *Jezik*, 43, 139-142.
241. Škavić, Đ., & Varošaneć-Škarić, G. (1999). Neke osobitosti hrvatskoga naglasnog sustava. *Govor*, 16(1), 25-31.
242. Škiljan, D. (2000). *Javni jezik*. Zagreb: Anti Barbarus Biblioteka.
243. Team, J. (2018). *JASP*. Preuzeto 21. 4 2018 iz The JASP Team: <https://jasp-stats.org/team/>
244. Težak, S., & Babić, S. (2007). *Gramatika hrvatskoga jezika: Priručnik za osnovno jezično obrazovanje*. Zagreb: Školska knjiga.
245. Titze, I. R. (1989). Physiologic and acoustic differences between male and female voices. *The Journal of Acoustical Society of America*, 85(4), 1699-1707.
246. Titze, I. R. (2000). *Principles of voice production*. Iowa City: IA: National Center for Voice and Speech.
247. Tivadar, H. (2008). *Kakovost in trajanje samoglasnikov v govorjenem knjižnem jeziku*. Ljubljana: Neobjavljen doktorski rad.
248. Torre III, P., & Barlow, J. A. (2009). Age-related changes in acoustic characteristics of adult speech. *Journal of Communication Disorders*, 42, 324-333.
249. Trask, R. L. (2005). *Temeljni lingvistički pojmovi*. Zagreb: Školska knjiga.

250. Traunmüller, H. (1982). Der vokalismus im ostmittelbarischen. *Zeitschrift für Dialektologie und Linguistik*, 3, 289-333.
251. Traunmüller, H., & Eriksson, A. (1994). The frequency range of the voice fundamental in the speech of male and female adults. *Phonetica*, 51(1-3), 170-183.
252. Trudgill, P. (1972). Sex, Covert Prestige and Linguistic Change in the Urban British English of Norwich. *Language in Society*, 1(2), 179-195.
253. Trudgill, P. (2000). *Sociolinguistics: An introduction to language and society* (4. izd.). London: Penguin Group.
254. Tschäpe, N., Jessen, M., & Gfroerer, S. (2017). Analysis of i-vector-based false-accept trials in a dialectabelled telephone corpus. *International Association of Forensic Phonetics and Acoustics* (str. 65-67). Split: IAFPA 2017.
255. Vallabha, G. K., & Tuller, B. (2001). Systematic errors in the formant analysis of steady-state vowels. *Speech Communication*, 141-160.
256. Van Dommelen, W. (1993). Speaker height and weight identification: A re-evaluation of some old data. *Journal of Phonetics*, 38, 337-341.
257. Van Dommelen, W. A. (1990). Acoustic parameters in human speaker recognition. *Language and Speech*, 33(3), 259-272.
258. Van Dommelen, W., & Moxness, B. H. (1995). Speaker height and weight identification: Reevaluation of some old data. *Journal of Phonetics*, 21, 337-341.
259. Van Heuven, V. J., & Cortés, P. (2017). Speaker specificity of filled pauses compared with vowels and consonants in Dutch. *International Association of Forensic Phonetics and Acoustics* (str. 48-49). Split: IAFPA 2017.
260. Varošanec-Škarić, G. (1998). *Zvučne osobine ugođe glasa*. Zagreb: Filozofski fakultet: Doktorski rad.
261. Varošanec-Škarić, G. (2003). Prenošenje silaznih naglasaka na proklitiku u općem prihvaćenom hrvatskom izgovoru. *Govor*, 20, 469-489.
262. Varošanec-Škarić, G. (2005). *Timbar*. Zagreb: FF press.
263. Varošanec-Škarić, G. (2010). *Fonetska njega glasa i izgovora*. Zagreb: FF press.
264. Varošanec-Škarić, G. (2017). Assessment of linguistic closeness and comparison of acoustic characteristics of croatian and serbian languages. *Proceedings Speech and Language 2017* (str. 205-210). Beograd: Life activities advancement center; The Institute for Experimental Phonetics and Speech Pathology - Đorđe Kostić.

265. Varošaneć-Škarić, G. (u tisku). *Forenzična fonetika*. Zagreb: Naklada Slap.
266. Varošaneć-Škarić, G., & Bašić, I. (2015). Acoustic characteristics of Croatian cardinal vowel formants (F1, F2 and F3). *Proceedings - Speech and Language* (str. 41-50). Beograd: Draslar Partner.
267. Varošaneć-Škarić, G., & Škavić, Đ. (2001). Neutralizacija kratkouzlaznoga i kratkosilaznoga naglasaka u suvremenom hrvatskom prihvaćenom izgovoru. *Govor*, 18(2), 87-104.
268. Varošaneć-Škarić, G., Bašić, I., & Kišiček, G. (2016). Usporedba akustičkih vrijednosti vokalskih formanata prihvaćenoga izgovora hrvatskih i srpskih muških govornika mlađe dobne skupine. *Istraživanja govora* (str. 108-110). Zagreb: Hrvatsko filološko društvo.
269. Varošaneć-Škarić, G., Bašić, I., & Kišiček, G. (2017). Comparison of vowel space of male speakers of Croatian, Serbian and Slovenian language. *IAFPA - 26th Annual Conference of the International Association for Forensic Phonetics and Acoustics* (str. 142-146). Split: Hrvatsko filološko društvo.
270. Varošaneć-Škarić, G., Biočina, Z., & Kišiček, G. (2017). Comparison of F0 measures for male speakers of Croatian, Serbian and Slovenian. *CAPSS2017 Workshop on Challenges in Analysis and Processing of Spontaneous Speech*, (str. 40-41). Budapest.
271. Vermeulen, J. (2009). *Beware of the Distance: Evaluation of Spectral Measurements of Synthetic Vowels Re-recorded at Different Distances*. University of York: Neobjavljena disertacija.
272. Vermeulen, J., & Cambier-Langeveld, T. (2017). Outstanding cases: about case reports with a "strong" conclusion. *International Association of Forensic Phonetics and Acoustics* (str. 31-33). Split: IAFPA 2017.
273. Vukušić, S. (1984). *Nacrt hrvatske naglasne norme na osnovi zapadnog dijalekta*. Pula: Istarska naklada.
274. Werle, A. (2009). *Word, Phrase, and Clitic Prosody in Bosnian, Serbian, and Croatian*. Massachusetts: Neobjavljeni doktorski rad.
275. Whalen, D. H., & Levitt, A. G. (1995). The universality of intrinsic F0 of vowels. *Journal of Phonetics*, 23, 349-366.
276. Whalen, D. H., Gick, B., Kumada, M., & Honda, K. (1998). Cricothyroid activity in high and low vowels: exploring the automaticity of intrinsic F0. *Journal of Phonetics*, 27, 125-142.

277. Whalen, D. H., Levitt, A. G., Hsiao, P. L., & Smorodinsky, I. (1995). Intrinsic F0 of vowels in the babbling of 6-, 9-, and 12-month-old French- and English-learning infants. *Journal of the Acoustical Society of America*, 97, 2533-2539.
278. Whiteside, S. P. (1998). The Identification of a Speaker's Sex from Synthesized Vowels. *Perceptual and Motor Skills*, 87, 595-600.
279. Wodak, R. M. (2009). *Methods of Critical Discourse Analysis*. London: Sage Publications.
280. Wood, S., Hughes, V., & Foulkes, P. (2014). Filled pauses as variables in speaker comparison: dynamic formant analysis and duration measurements improve performance for um. *International Conference of Forensic Phonetics and Acoustics* (str. 81-82). Zürich: IAFPA 2014.
281. Wu, K., & Liss, J. M. (1991). Gender recognition from speech. *Gender recognition from speech. Part I: Coarse analysis*, 90(4), 1828-1840.
282. Zhang, C., Morrison, G. S., & Rose, P. (2005). Forensic speaker recognition in Chinese: a multivariate likelihood ratio discrimination on /i/ and /y/. *Proceedings of Interspeech 2008: Incorporating SST 2008 and International Speech Communication Association*, (str. 1937-1940). Brisbane, Australia.
283. Zhang, C., Morrison, G. S., Enzinger, E., & Ochoa, F. (2013). Effects of telephone transmission on the performance of formant-trajectory-based forensic voice comparison - Female voices. *Speech Communications*, 55, 796-813.
284. Zhong, C. (2016). The Validity of Vowel Formants for Cross-language Speaker Comparison. *International Association of Forensic Phonetics and Acoustics 2016* (str. 141-142). York: IAFPA 2016.
285. Žanić, I. (2006). Hrvatski i srpski: strategije dokazivanja uzajamne (ne)razumljivosti. *HDPL - Jezik i identiteti* (str. 731-740). Split: HDPL - Jezik i identiteti.
286. Žanić, I. (2007). *Hrvatski na uvjetnoj slobodi. Jezik, identitet i politika između Jugoslavije i Europe*. Zagreb: Fakultet političkih znanosti Sveučilišta u Zagrebu.
287. Žanić, I. (2010). Speak Croatian so as not to be understood by your fellow Croats : Croatian and Serbian linguistic identities from intelligibility to unintelligibility and back. U C. Voss, *Ottoman and Habsburg Legacies in the Balkans. Language and Religion to the North and to the South of the Danube River* (str. 291-310). München: Verlag Otto Sagner.



Internetski izvori:

1. Ericsson. (2014). Evolved HD Voice for LTE.  
<https://www.ericsson.com/assets/local/publications/white-papers/wp-evolved-hd-voice-for-lte.pdf> (posljednji pristup 24.10.2017.).
2. International Phonetic Association.  
<https://www.internationalphoneticassociation.org/content/ipa-vowels> (posljednji pristup 22. studenoga 2017.)
3. Sjölander, K., & Beskow, J. (2017). Source Forge.  
<https://sourceforge.net/projects/wavesurfer/>. (posljednji pristup 6.11.2017.).
4. Team, J. (2018). JASP. <https://jasp-stats.org/team/>. (posljednji pristup 21.4.2018.).

## **Znanstveni doprinos i buduća istraživanja**

Procjenom prosječnih vrijednosti formanata na većem uzorku govornika osigurao se dobar temelj za izgradnju referentnih vrijednosti formanata u hrvatskome jeziku. Dijalektalni i regionalni odmaci moći će se u budućnosti opisivati i s obzirom na referentne vrijednosti formanata u općem hrvatskom jeziku te će se njihova raznolikost moći i akustički potkrijepiti. Ovim se radom također otvara prostor za korist u budućim sustavima za prepoznavanje govora, koji će dodatno snažiti verifikacijske i identifikacijske postupke u forenzičkoj fonetici. Na temelju većih uzoraka govornika moguće je odrediti i karakteristične frekvencijske pojaseve za svaki formant svih vokala, što uvelike olakšava i ubrzava poluautomatsku metodu procjene formanata.

Doprinos hrvatskoj forenzičkoj fonetici ogleda se i u tome da će se idosinkratične vokalske karakteristike osumnjičenika moći staviti u kontekst općega hrvatskoga jezika i njegova vokalskog sustava, po uzoru na praksu u svjetskoj forenzičkoj fonetici. Osim toga, korpus prikupljen za potrebe ovoga rada koristit će se za osnivanje zvučne baze hrvatskoga govora. Osim korpusa općega hrvatskoga govora, namjeravaju se prikupiti i govorni materijali iz različitih regionalnih varijeteta hrvatskoga jezika.

## POPIS SLIKA

Slika 1. Prikaz Fourierove transformacije govornoga zvuka. ....	8
Slika 2. Prikaz širina frekvencijskih pojaseva u mobilnoj telefoniji. ....	17
Slika 3. Prikaz <i>voiceprint</i> obrisa proizvedenih na temelju spektrograma s desna (preuzeto iz Crystal, 2010). ....	20
Slika 4. Prikaz IPA vokalskoga trapeza. ....	56
Slika 5. Prikaz vokalskoga sustava hrvatskoga jezika (Landau et al., 1999). ....	58
Slika 6. Prikaz prosječnih vrijednosti formantske disperzije između muških i ženskih govornika u hrvatskome jeziku. ....	105
Slika 7. Prikaz značajnosti razlike između muških i ženskih govornika hrvatskoga jezika pri izgovoru vokala [a] u parametrima F1-F3 i D <sub>f</sub> . ....	106
Slika 8. Prikaz značajnosti razlike između muških i ženskih govornika hrvatskoga jezika pri izgovoru vokala [e] u parametrima F1-F3 i D <sub>f</sub> . ....	107
Slika 9. Prikaz značajnosti razlike između muških i ženskih govornika hrvatskoga jezika pri izgovoru vokala [i] u parametrima F1-F3 i D <sub>f</sub> . ....	107
Slika 10. Prikaz značajnosti razlike između muških i ženskih govornika hrvatskoga jezika pri izgovoru vokala [o] u parametrima F1-F3 i D <sub>f</sub> . ....	108
Slika 11. Prikaz značajnosti razlike između muških i ženskih govornika hrvatskoga jezika pri izgovoru vokala [u] u parametrima F1-F3 i D <sub>f</sub> . ....	108
Slika 12. Akustička raspršenost vokalskoga sustava kod muških govornika hrvatskoga jezika na temelju vrijednosti F1 i F2. ....	112
Slika 13. Akustička raspršenost vokalskoga sustava kod ženskih govornika hrvatskoga jezika na temelju vrijednosti F1 i F2. ....	113
Slika 14. Prikaz prosječnih vrijednosti formantske disperzije između muških i ženskih govornika u srpskome jeziku. ....	125
Slika 15. Prikaz značajnosti razlike između muških i ženskih govornika srpskoga jezika pri izgovoru vokala [a] u parametrima F1-F3 i D <sub>f</sub> . ....	126
Slika 16. Prikaz značajnosti razlike između muških i ženskih govornika srpskoga jezika pri izgovoru vokala [e] u parametrima F1-F3 i D <sub>f</sub> . ....	127
Slika 17. Prikaz značajnosti razlike između muških i ženskih govornika srpskoga jezika pri izgovoru vokala [i] u parametrima F1-F3 i D <sub>f</sub> . ....	127
Slika 18. Prikaz značajnosti razlike između muških i ženskih govornika srpskoga jezika pri izgovoru vokala [o] u parametrima F1-F3 i D <sub>f</sub> . ....	128
Slika 19. Prikaz značajnosti razlike između muških i ženskih govornika hrvatskoga jezika pri izgovoru vokala [u] u parametrima F1-F3 i D <sub>f</sub> . ....	128
Slika 20. Akustička raspršenost vokalskoga sustava kod muških govornika srpskoga jezika na temelju vrijednosti F1 i F2. ....	131
Slika 21. Akustička raspršenost vokalskoga sustava kod ženskih govornika srpskoga jezika na temelju vrijednosti F1 i F2. ....	132
Slika 22. Prikaz raspršenosti formantskih frekvencija (F1-F3) kod muških govornika hrvatskoga i srpskoga jezika pri izgovoru vokala [e]. ....	136
Slika 23. Prikaz raspršenosti formantskih frekvencija (F2 i F3) kod muških govornika hrvatskoga i srpskoga jezika pri izgovoru vokala [i]. ....	136

Slika 24. Prikaz raspršenosti formantskih frekvencija (F2 i F3) kod muških govornika hrvatskoga i srpskoga jezika pri izgovoru vokala [o].	137
Slika 25. Prikaz raspršenosti trećega formanta kod ženskih govornika hrvatskoga i srpskoga jezika pri izgovoru vokala [a].	139
Slika 26. Prikaz raspršenosti formantskih frekvencija (F1-F3) kod ženskih govornika hrvatskoga i srpskoga jezika pri izgovoru vokala [e].	140
Slika 27. Prikaz raspršenosti formantskih frekvencija (F2 i F3) kod ženskih govornika hrvatskoga i srpskoga jezika pri izgovoru vokala [i].	140
Slika 28. Prikaz raspršenosti formantskih frekvencija (F1-F3) kod ženskih govornika hrvatskoga i srpskoga jezika pri izgovoru vokala [o].	140
Slika 29. Prikaz raspršenosti formantskih frekvencija (F1 i F2) kod ženskih govornika hrvatskoga i srpskoga jezika pri izgovoru vokala [u].	141
Slika 30. Prikaz prosječnih vrijednosti formantskih frekvencija (F1-F3) između govornika hrvatskoga i srpskoga jezika istoga spola u vokalu [a] izražene u hercima (Hz).	141
Slika 31. Prikaz prosječnih vrijednosti formantskih frekvencija (F1-F3) između govornika hrvatskoga i srpskoga jezika istoga spola u vokalu [e] izražene u hercima (Hz).	143
Slika 32. Prikaz prosječnih vrijednosti formantskih frekvencija (F1-F3) između govornika hrvatskoga i srpskoga jezika istoga spola u vokalu [i] izražene u hercima (Hz).	144
Slika 33. Prikaz prosječnih vrijednosti formantskih frekvencija (F1-F3) između govornika hrvatskoga i srpskoga jezika istoga spola u vokalu [o] izražene u hercima (Hz).	145
Slika 34. Prikaz prosječnih vrijednosti formantskih frekvencija (F1-F3) između govornika hrvatskoga i srpskoga jezika istoga spola u vokalu [u] izražene u hercima (Hz).	145
Slika 35. Vrijednosti $D_f$ mjere između muških govornika hrvatskoga i srpskoga jezika.	147
Slika 36. Vrijednosti $D_f$ mjere između ženskih govornika hrvatskoga i srpskoga jezika.	148
Slika 37. Varijabilnost fundamentalne frekvencije prema faktorima spola i jezika, pri izgovoru vokala [a].	164
Slika 38. Varijabilnost fundamentalne frekvencije prema faktorima spola i jezika pri izgovoru vokala [e].	165
Slika 39. Varijabilnost fundamentalne frekvencije prema faktorima spola i jezika pri izgovoru vokala [i].	166
Slika 40. Varijabilnost fundamentalne frekvencije prema faktorima spola i jezika pri izgovoru vokala [o].	167
Slika 41. Varijabilnost fundamentalne frekvencije prema faktorima spola i jezika pri izgovoru vokala [u].	168
Slika 42. Prikaz korelacije između $F_0$ i formanta (F1-F3) kod muških govornika hrvatskoga jezika, pri izgovoru vokala [a], [e], [i], [o] i [u].	172
Slika 43. Prikaz korelacije između F1 i F2 kod muških govornika hrvatskoga jezika, pri izgovoru vokala [a].	173
Slika 44. Prikaz korelacije između F2 i F3 kod muških govornika hrvatskoga jezika, pri izgovoru vokala [e].	173
Slika 45. Prikaz korelacije između F1 i F2 kod muških govornika hrvatskoga jezika, pri izgovoru vokala [u].	174
Slika 46. Prikaz korelacije između $F_0$ i formanta (F1-F3) kod ženskih govornika hrvatskoga jezika, pri izgovoru vokala [a], [e], [i], [o] i [u].	175

Slika 47. Prikaz korelacije između F1 i F2 kod ženskih govornika hrvatskoga jezika, pri izgovoru vokala [a].....	176
Slika 48. Prikaz korelacije između F2 i F3 kod ženskih govornika hrvatskoga jezika, pri izgovoru vokala [e].....	177
Slika 49. Prikaz korelacije između F2 i F3 kod ženskih govornika hrvatskoga jezika, pri izgovoru vokala [i]. ....	177
Slika 50. Prikaz korelacije između F1 i F2 kod ženskih govornika hrvatskoga jezika, pri izgovoru vokala [o]. ....	178
Slika 51. Prikaz korelacije između F1 i F2 kod ženskih govornika hrvatskoga jezika, pri izgovoru vokala [u]. ....	178
Slika 52. Prikaz korelacije između F1 i F3 kod muških govornika srpskoga jezika, pri izgovoru vokala [a].....	180
Slika 53. Prikaz korelacije između F1 i F2, F1 i F3 te između F2 i F3 kod muških govornika srpskoga jezika, pri izgovoru vokala [i]. ....	181
Slika 54. Prikaz korelacije između F1 i F2 kod muških govornika srpskoga jezika, pri izgovoru vokala [o]. ....	181
Slika 55. Prikaz korelacije između F <sub>0</sub> i F3 kod vokala [e] te F <sub>0</sub> i F1 kod vokala [i] u skupini ženskih govornika srpskoga jezika.....	182
Slika 56. Prikaz korelacije između F1 i F3 kod ženskih govornika srpskoga jezika, pri izgovoru vokala [a].....	183
Slika 57. Prikaz korelacije između F2 i F3 kod ženskih govornika srpskoga jezika, pri izgovoru vokala [e].....	183
Slika 58. Prikaz korelacije između F1 i F2 kod ženskih govornika srpskoga jezika, pri izgovoru vokala [i]. ....	184
Slika 59. Prikaz korelacije između F1 i F2 kod ženskih govornika srpskoga jezika, pri izgovoru vokala [o]. ....	184
Slika 60. Prikaz korelacije između F1 i F2 kod ženskih govornika srpskoga jezika, pri izgovoru vokala [u]. ....	185

## POPIS TABLICA

Tablica 1. Prosječne, medijan, minimalne, maksimalne i SD vrijednosti prvih triju formanata kod muških govornika hrvatskoga jezika pri izgovoru vokala [a], [e], [i], [o] i [u] izražene u hercima (Hz).....	85
Tablica 2. Prosječne, medijan, minimalne, maksimalne i SD vrijednosti prvih triju formanata kod ženskih govornika hrvatskoga jezika pri izgovoru vokala [a], [e], [i], [o] i [u] izražene u hercima (Hz).....	92
Tablica 3. Standardna devijacija, prosječne i medijan vrijednosti prvih triju formanata (F1-F3), izražene u hercima (Hz) u tri različita okruženja, kod svih pet hrvatskih vokala ([a], [e], [i], [o] i [u]) u skupini muških govornika.....	100
Tablica 4. Standardna devijacija, prosječne i medijan vrijednosti prvih triju formanata (F1-F3), izražene u hercima (Hz), kod svih pet hrvatskih vokala ([a], [e], [i], [o] i [u]) u skupini ženskih govornika. ....	101
Tablica 5. Prikaz prosječnih vrijednosti formantske disperzije ( $D_f$ ) kod muških i ženskih govornika hrvatskoga jezika, izražene u hercima (Hz). ....	105
Tablica 6. Prikaz značajnosti razlike u prosječnim vrijednostima formanata (F1-F3) i $D_f$ vrijednosti između muških i ženskih govornika hrvatskoga jezika.....	109
Tablica 7. Prikaz raspršenja vrijednosti formantskih frekvencija (F1-F3) kod muških i ženskih govornika hrvatskoga jezika.....	110
Tablica 8. Prosječne, medijan, minimalne, maksimalne i SD vrijednosti prvih triju formanata kod muških govornika srpskoga jezika pri izgovoru vokala [a], [e], [i], [o] i [u] izražene u hercima (Hz).....	115
Tablica 9. Prosječne, medijan, minimalne, maksimalne i SD vrijednosti prvih triju formanata kod ženskih govornika srpskoga jezika pri izgovoru vokala [a], [e], [i], [o] i [u] izražene u hercima (Hz).....	120
Tablica 10. Prikaz prosječnih vrijednosti formantske disperzije ( $D_f$ ) kod muških i ženskih govornika srpskoga jezika, izražene u hercima (Hz). ....	125
Tablica 11. Prikaz značajnosti razlike u prosječnim vrijednostima formanata (F1-F3) i $D_f$ vrijednosti između muških i ženskih govornika srpskoga jezika. ....	129
Tablica 12. Prikaz raspršenja vrijednosti formantskih frekvencija (F1-F3) kod muških i ženskih govornika srpskoga jezika.....	130
Tablica 13. Značajnost razlika između formanata (F1-F3) kod svih vokala između muških i ženskih govornika hrvatskoga i srpskoga jezika. ....	133
Tablica 14. Prikaz raspršenja formantskih frekvencija (F1-F3) kod muških govornika hrvatskoga i srpskoga jezika. ....	134
Tablica 15. Značajnost razlike raspršenja formanata (F1-F3) između muških govornika hrvatskoga i srpskoga jezika s navedenim $t$ i $p$ vrijednostima. ....	135
Tablica 16. Prikaz raspršenja formantskih frekvencija (F1-F3) kod ženskih govornika hrvatskoga i srpskoga jezika. ....	137
Tablica 17. Značajnost razlike raspršenja formanata (F1-F3) po vokalima, između ženskih govornika hrvatskoga i srpskoga jezika s navedenim $t$ i $p$ vrijednostima.....	138
Tablica 18. Prikaz prosječnih vrijednosti i standardne devijacije kod muških i ženskih govornika hrvatskoga jezika (izražene u hercima (Hz)) zasebno za svaki vokal). ....	150

Tablica 19. Prikaz prosječnih vrijednosti fundamentalne frekvencije kod muških ( $F_{0M}$ ) i ženskih ( $F_{0\bar{z}}$ ) govornika hrvatskoga jezika izraženih u hercima (Hz), s navedenim brojem govornika (N). .....	151
Tablica 20. Prikaz prosječnih vrijednosti i standardne devijacije fundamentalne frekvencije kod muških i ženskih govornika srpskoga jezika (izražene u hercima (Hz)) zasebno za svaki vokal).....	154
Tablica 21. Prikaz prosječnih vrijednosti fundamentalne frekvencije kod muških ( $F_{0M}$ ) i ženskih ( $F_{0\bar{z}}$ ) govornika srpskoga jezika izraženih u hercima (Hz), s navedenim brojem govornika (N). .....	155
Tablica 22. Prikaz prosječnih vrijednosti fundamentalne frekvencije (izražene u hercima (Hz)) kod muških i ženskih govornika hrvatskoga i srpskoga jezika. ....	156
Tablica 23. Prikaz minimalnih i maksimalnih prosječnih vrijednosti fundamentalne frekvencije (izražene u hercima (Hz)) kod muških i ženskih govornika hrvatskoga jezika. .	159
Tablica 24. Prikaz veličine raspona fundamentalne frekvencije (izražene u hercima (Hz)) kod muških i ženskih govornika hrvatskoga jezika. ....	159
Tablica 25. Prikaz minimalnih i maksimalnih prosječnih vrijednosti fundamentalne frekvencije (izražene u hercima (Hz)) kod muških i ženskih govornika srpskoga jezika.....	160
Tablica 26. Prikaz veličine raspona fundamentalne frekvencije (izražene u hercima (Hz)) kod muških i ženskih govornika srpskoga jezika. ....	161
Tablica 27. Frekvencijski rasponi fundamentalne frekvencije (izraženi u hercima (Hz)) kod govornika muškoga i ženskoga spola u hrvatskome i srpskome jeziku. ....	162
Tablica 28. Prikaz raspršenja vrijednosti $F_0$ kod muškaraca i žena u različitim vokalima hrvatskoga jezika.....	170

## PRILOZI

PRILOG 1. Popis izvornih govornika hrvatskoga jezika s demografskim podacima (prema redoslijedu snimanja).

Redni broj	Ime i prezime	Godina rođenja	Mjesto rođenja	Mjesto boravka	Porijeklo oca	Porijeklo majke	Stupanj obrazovanja	Zanimanje
1.	D.B.	1992	Zagreb	Zagreb	Zagreb	Zagreb	sss	student
2.	M.P.	1993	Virovitica	Virovitica	Virovitica	Vinkovci	sss	student
3.	B.D.	1967	Zagreb	Zagreb	Karlovac	Zagreb	vss	informatičar
4.	S.Z.	1979	Zagreb	Zagreb	Zagreb	Zagreb	vss	informatičar
5.	M.L.	1976	Sisak	Zagreb	Sisak	Petrinja	dr.sc.	fonetičar
6.	J.P.	1989	Zagreb	Zagreb	Zagreb	Velika Gorica	vss	lingvist
7.	Z.Š.	1988	Zagreb	Zagreb	Postira	Gospić	vss	pravnik
8.	J.B.	1975	Slunj	Zagreb	Slunj	Slunj	vss	fonetičar i informatolog
9.	Ž.L.	1964	Zagreb	Zagreb	Tešanj - BiH	Karlovac	sss	tehnički suradnik
10.	E.B.	1975	Split	Zagreb	Omiš	Siverić	sss	glumac i pjevač
11.	A.T.	1982	Varaždin	Varaždin	Varaždin	Varaždin	sss	profesionalni glazbenik
12.	L.N.	1983	Split	Zagreb	Split	Split	sss	pop pjevač
13.	F.B.	1986	Zagreb	Zagreb	Zagreb	Zagreb	vss	lingvist i germanist
14.	M.M.	1995	Zagreb	Zagreb	Zagreb	Moslavina	sss	student
15.	M.G.	1994	Zagreb	Zagreb	Zagreb	Pregrada	sss	student
16.	B.R.	1992	Split	Zagreb	Split	Split	všs	student
17.	I.Š.	1992	Zagreb	Ses. Kraljevec	Garevac - BiH	Kornica - BiH	všs	student
18.	L.P.	1993	Zagreb	Zagreb	Vis	Zabok	sss	student
19.	J.F.	1989	Supetar	Zagreb	Postira	Polača	vss	inženjer strojarstva
20.	H.Đ.	1995	Zagreb	Zagreb	Zagreb	Zagreb	sss	student
21.	M.S.	1995	Zagreb	Zagreb	Zadar	Biograd	sss	student
22.	A.Š.	1996	Zagreb	Zagreb	Zagreb	Zagreb	sss	student
23.	D.P.	1993	Koprivnica	Zagreb	Križevci	Križevci	sss	student
24.	A.T.	1988	Zagreb	Zagreb	Novi Sad	Novi Sad	všs	student
25.	J.B.	1995	Supetar	Zagreb	Postira	Split	sss	student
26.	J.F.	1997	Zagreb	Zagreb	Zagorje	Gorski kotar	sss	student
27.	J.M.P.	1991	Zagreb	Zagreb	Zagreb	Murter	všs	student
28.	D.P.	1994	Karlovac	Zagreb	Duga Resa	Duga Resa	všs	student
29.	B.M.	1996	Čakovec	Zagreb	Čakovec	Čakovec	sss	student
30.	D.K.	1998	Zagreb	Zagreb	Imotski	Hvar	sss	student
31.	A.P.	1990	Zagreb	Zagreb	Sisak	Zagreb	vss	violončelist
32.	M.K.	1994	Zagreb	Sesvete	Zagreb	Zagreb	sss	medicinski tehničar
33.	J.M.	1996	Zagreb	Bestovje	Zagreb	Zagreb	sss	grafički dizajner
34.	M.H.	1992	Zagreb	Zagreb	Zagreb	Zagreb	sss	student
35.	J.B.	1997	Zadar	Zagreb	Bugojno	Tuzla	sss	student
36.	K.K.	1995	Zagreb	Sveta Nedelja	Samobor	Samobor	sss	student
37.	F.B.	1991	Supetar	Zagreb	Milna	Milna	všs	molekularni paleontolog
38.	A.K.	1991	Šibenik	Zagreb	Šibenik	Bjelovar	sss	student
39.	M.Ž.	1990	Zagreb	Ses. Kraljevec	BiH	BiH	všs	student
40.	M.Č.	1992	Zagreb	Zagreb	Lika	BiH	sss	student
41.	J.B.	1990	Zagreb	Zagreb	Petrinja	Zagreb	všs	student
42.	L.V.	1996	Varaždin	Zagreb	Varaždin	Varaždin	sss	student
43.	D.C.	1992	Sisak	Greda	Glina	Greda	všs	student
44.	I.K.Š.	1995	Zagreb	Zagreb	Sinj	Zagreb	sss	student
45.	H.H.	1985	Virovitica	Zagreb	Virovitica	Zagreb	vss	časnik OSRH
46.	D.Š.	1990	Zagreb	Zagreb	Zagreb	Zagreb	sss	student



PRILOG 2. Popis izvornih govornica hrvatskoga jezika s demografskim podacima (prema redoslijedu snimanja).

Redni broj	Ime i prezime	Godina rođenja	Mjesto rođenja	Mjesto boravka	Porijeklo oca	Porijeklo majke	Stupanj obrazovanja	Zanimanje
1.	M.D.	1994	Slavonski Brod	Slavonski Brod	Slavonski Brod	Slavonski Brod	sss	studentica
2.	J.J.	1991	Slavonski Brod	Slavonski Brod	Slavonski Brod	Slavonski Brod	sss	studentica
3.	V.F.	1993	Zagreb	Zagreb	Brač (Milna)	Zagreb	sss	studentica
4.	D.M.	1995	Zagreb	Zagreb	Zagreb	Zagreb	sss	studentica
5.	D.T.	1993	Zagreb	Velika Gorica	Zagreb	Zagreb	sss	studentica
6.	M.H.	1989	Zagreb	Samobor	Samobor	Samobor	sss	studentica
7.	V.R.	1993	Zagreb	Hum na Sutli	Hum na Sutli	Desinić	sss	studentica
8.	Z.B.	1991	Supetar	Zagreb	Postira	Split	vss	studentica
9.	A.Š.	1996	Varaždin	Varaždin	Varaždin	Varaždin	sss	studentica
10.	L.H.	1996	Zagreb	Gornja Stubica	Gornja Stubica	Gornja Stubica	sss	studentica
11.	T.S.	1996	Varaždin	Zagreb	Varaždin	Varaždin	sss	studentica
12.	T.Š.	1996	Zagreb	Zagreb	Zagreb	Zagreb	sss	studentica
13.	A.Š.	1995	Zagreb	Zagreb	Rijeka	Zagreb	sss	studentica
14.	I.B.	1996	Slavonski Brod	Zagreb	Ogulin	Livno	sss	studentica
15.	N.T.	1993	Zagreb	Zagreb	/	Vinkovci	sss	studentica
16.	K.S.	1995	Zagreb	Zagreb	Sisak	Zagreb	sss	studentica
17.	E.V.	1996	Virovitica	Zagreb	Virovitica	Virovitica	sss	studentica
18.	T.M.	1997	Zagreb	Zagreb	Zagreb	Zagreb	sss	studentica
19.	L.L.	1996	Virovitica	Zagreb	Virovitica	Virovitica	sss	studentica
20.	M.B.	1994	Zagreb	Zagreb	Zagreb	Zagreb	sss	studentica
21.	I.P.	1988	Zagreb	Zagreb	Sinj	Sinj	vss	lingvistica i fonetičarka
22.	G.V.	1959	Gospić	Zagreb	Čakovec	Ogulin	dr.sc.	red. sv. profesorica
23.	D.M.	1986	Vukovar	Zagreb	Vukovar	Vukovar	vss	lingvistica i kroatistica
24.	M.S.	1988	Zagreb	Bedekovčina	Bedekovčina	Marija Bistrica	vss	lingvistica i kroatistica
25.	D.B.	1987	Zagreb	Donja Stubica	Vršac - Vojvodina	Krapina	vss	lingvistica i polakistica
26.	T.T.	1980	Zagreb	Zagreb	Zagreb	Zagreb	sss	maserka
27.	M.V.	1984	Zagreb	Zagreb	Međugorje	Split	vss	unjetnica
28.	S.Š.	1988	Rijeka	Zagreb	Rijeka	Zagreb	vss	pjevačica i plesačica
29.	N.D.	1984	Zadar	Zagreb	Okalj	Zagreb	vss	pop pjevačica
30.	P.P.	1985	Zagreb	Zagreb	Vinkovci	Zagreb	mr. sc.	znanstvena istraživačica
31.	A.V.	1991	Split	Zagreb	Split	Zagreb	sss	studentica
32.	H.R.	1993	Zagreb	Zagreb	Zaprešić	Zagreb	sss	studentica
33.	K.P.	1991	Brač	Brač	Brač	Split	sss	studentica
34.	S.S.	1994	Zagreb	Zagreb	Osijek	Zagreb	sss	studentica
35.	T.J.	1991	Zagreb	Zagreb	Zagreb	Zagreb	vss	lingvistica i fonetičarka

PRILOG 3. Popis izvornih govornika srpskoga jezika s demografskim podacima (prema redoslijedu snimanja).

Redni broj	Ime i prezime	Godina rođenja	Mjesto rođenja	Mjesto boravka	Porijeklo oca	Porijeklo majke	Stupanj obrazovanja	Zanimanje
1.	R.V.	1993	Beograd	Beograd	Zagreb	Beograd	sss	student
2.	Z.D.	1994	Užice	Beograd	Užice	Užice	sss	student
3.	M.D.	1991	Prizren	Beograd	Dragaš Gora	Dragaš Gora	vss	student
4.	P.Ž.	1991	Beograd	Beograd	Beograd	Beograd	sss	student
5.	D.V.	1993	Smed. Palanka	Beograd	Velika Plana	Velika Plana	sss	student
6.	M.M.	1995	Beograd	Zemun	Beograd	Beograd	sss	student
7.	N.P.	1984	Beograd	Beograd	Pelez	Beograd	mr. sc.	student
8.	Đ.N.	1993	Loznica	Beograd	Loznica	Čačak	sss	student
9.	B.Č.	1994	Beograd	Beograd	Mladenovo	Beograd	sss	student
10.	M.K.	1994	Čačak	Beograd	Kraljevo	Kraljevo	sss	student
11.	I.V.	1995	Kragojevac	Beograd	Beograd	Beograd	sss	student
12.	P.D.	1993	Smederevo	Beograd	Smederevo	Zrenjanin	sss	student
13.	Đ.E.	1994	Savski venac	Obrenovac	Obrenovac	Bor	sss	student
14.	Đ.B.	1994	Beograd	Beograd	Beograd	Beograd	sss	student
15.	L.P.	1994	Užice	Beograd	Užice	Užice	sss	student
16.	D.J.	1993	Šabac	Beograd	Šabac	Šabac	sss	student
17.	M.S.	1989	Zvornik	Beograd	Sokobanja	Loznica	vss	dipl. ing. el.
18.	S.A.	1995	Beograd	Beograd	Gacko	Foča	sss	student
19.	P.T.	1995	Beograd	Beograd	Beograd	Požega	sss	student
20.	I.M.	1980	Beograd	Beograd	Beograd	Beograd	vss	dipl. ing. el.
21.	M.J.	1991	Beograd	Beograd	Vladičin han	Beograd	sss	student
22.	P.T.	1981	Beograd	Beograd	Dimitrovgrad	Kruševac	vss	laboratorijski inženjer
23.	P.S.	1996	Beograd	Beograd	Beograd	Beograd	sss	student
24.	D.L.	1995	Beograd	Beograd	Beograd	Beograd	sss	student
25.	M.B.	1989	Priboj	Beograd	Nova Varoš	Priboj	vss	dipl. ing. el.
26.	A.A.	1995	Beograd	Beograd	Pančevo	Beograd	sss	student
27.	D.M.	1995	Prokuplje	Beograd	Beograd	Zemun	sss	student
28.	M.M.	1993	Prokuplje	Beograd	Vranje	Vranje	sss	student
29.	N.R.	1995	Čačak	Beograd	Čač	Čačak	sss	student
30.	V.B.	1994	Beograd	Beograd	Novi Pazar	Šabac	sss	student
31.	S.Đ.	1994	Banja Luka	Beograd	Daruvar	Daruvar	sss	student
32.	R.B.	1994	Beograd	Beograd	Banja Luka	Beograd	sss	student
33.	P.R.	1994	Knin	Beograd	Benkovac	Benkovac	sss	student
34.	I.Č.	1993	Beograd	Beograd	Beograd	Beograd	sss	student
35.	I.C.	1994	Beograd	Beograd	Niš	Beograd	sss	student
36.	D.K.	1991	Smederevo	Smederevo	Smederevo	Kupres - BiH	mr. sc.	suradnik u nastavi
37.	D.R.	1982	Priština	Beograd	Kosovo	Kosovo	vss	dipl. ing. telekom.
38.	M.L.	1993	Beograd	Beograd	Karlovac	Beograd	sss	student
39.	S.T.	1994	Beograd	Beograd	Beograd	Beograd	sss	student
40.	M.P.	1982	Zagreb	Beograd	BiH	BiH	sss	student
41.	M.S.	1991	Beograd	Beograd	Beograd	Beograd	sss	student
42.	Đ.G.	1987	Beograd	Beograd	Beograd	Beograd	vss	student
43.	N.P.	1995	Leskovac	Beograd	Leskovac	Leskovac	sss	student
44.	Đ.P.	1994	Beograd	Beograd	Sjenica	Priboj	sss	student
45.	M.P.	1995	Beograd	Beograd	Podgorica	Tuzla	sss	student
46.	N.U.	1993	Užice	Beograd	Užice	Užice	vss	dipl. ing. el.

PRILOG 4. Popis izvornih govornica srpskoga jezika s demografskim podacima (prema redoslijedu snimanja).

Redni broj	Ime i prezime	Godina rođenja	Mjesto rođenja	Mjesto boravka	Porijeklo oca	Porijeklo majke	Stupanj obrazovanja	Zanimanje
1.	A.G.	1993	Beograd	Beograd	Beograd	Obrenovac	vss	studentica
2.	A.Š.	1993	Beograd	Beograd	Padina	Kupin	sss	studentica
3.	D.M.	1994	Priboj	Beograd	Nova Varoš	Nova Varoš	sss	studentica
4.	D.R.	1993	Beograd	Beograd	Beograd	Beograd	vss	studentica
5.	D.D.	1992	Prnjavor - BiH	Beograd	Prnjavor - BiH	Beograd	sss	studentica
6.	I.S.	1994	Beograd	Beograd	Prizren	Beograd	sss	studentica
7.	M.M.	1993	Vranje	Beograd	Vranje	Beograd	sss	studentica
8.	M.R.	1994	Iraklion - Grčka	Beograd	Dobo - BiH	Sremska Mitrovica	sss	studentica
9.	M.R.	1993	Beograd	Beograd	Beograd	Beograd	sss	studentica
10.	M.S.	1993	Pančevo	Beograd	Derventa - BiH	Derventa - BiH	sss	studentica
11.	N.Š.	1992	Beograd	Beograd	Otočac - Hrvatska	Crna Gora	sss	studentica
12.	R.O.	1994	Užice	Beograd	Nova Varoš	Nova Varoš	sss	studentica
13.	S.S.	1986	Beograd	Beograd	Uzovnica	Uzovnica	sss	studentica
14.	S.T.	1994	Loznica	Beograd	Loznica	Zvornik	vss	studentica
15.	T.DŽ.	1990	Pakrac	Beograd	Pakrac	Sečanj	sss	studentica
16.	N.B.	1992	Beograd	Novi Banovci	Beograd	Zrenjanin	sss	studentica
17.	A.R.	1993	Užice	Beograd	Užice		sss	studentica
18.	A.M.	1991	Brčko - BiH	Beograd	Šekovići - BiH	Lopare - BiH	sss	studentica
19.	D.L.	1993	Šabac	Beograd	Topola	Topola	sss	studentica
20.	D.B.	1994	Pančevo	Beograd	Pančevo	Jesenice - Slovenija	sss	studentica
21.	I.D.	1993	Beograd	Beograd	Lebane	Perlez	sss	studentica
22.	I.K.	1991	Beograd	Beograd	Beograd	Beograd	sss	studentica
23.	I.T.	1993	Beograd	Beograd	Beograd	Kikinda	sss	studentica
24.	I.M.	1990	Beograd	Beograd	Bajina Bašta	Kraljevo	sss	studentica
25.	J.P.	1990	Mostar - BiH	Beograd	Jablanica - BiH	Sanski Most - BiH	sss	studentica
26.	M.Đ.	1991	Beograd	Beograd	Čačak	Banjaluka - BiH	sss	studentica
27.	M.T.	1991	Beograd	Beograd	Zemun	Astana - Kazahstan	sss	studentica
28.	M.M.	1993	Beograd	Beograd	Beograd	Beograd	sss	studentica
29.	O.V.	1993	Ivanjica	Beograd	Ivanjica	Beograd	sss	studentica
30.	S.M.	1993	Beograd	Beograd	Beograd	Nova Varoš	sss	studentica
31.	T.D.	1992	Priština	Beograd	Priština	Priština	sss	studentica
32.	T.S.	1992	Beograd	Beograd	Beograd	Beograd	sss	studentica
33.	T.V.	1991	Beograd	Beograd	Dragaš	Dragaš	sss	studentica
34.	V.Ž.	1995	Beograd	Beograd	Beograd	Rusija	sss	studentica
35.	V.K.	1992	Beograd	Beograd	Ripanj	Beograd	sss	studentica

**PRILOG 5. Sociodemografski upitnik (govornicima dan prije početka snimanja).**

PROJEKT: Forenzična fonetika: slušno prepoznavanje i zvučna analiza govora (130-0000000-0786)

VODITELJICA PROJEKTA: prof. dr. sc. Gordana Varošaneć-Škarić

IZVODITELJICA ISTRAŽIVANJA: Iva Bašić, mag. educ. phon. rehab, mag. phon., mag. ling.

MATIČNA USTANOVA: Filozofski fakultet Sveučilišta u Zagrebu

DATUM SNIMANJA: \_\_\_\_\_

**Sociodemografski upitnik**

**RB:** \_\_\_\_\_

1) Ime i Prezime: \_\_\_\_\_

2) Godina rođenja: \_\_\_\_\_

3) Mjesto rođenja: \_\_\_\_\_

4) Mjesto boravka: \_\_\_\_\_

5) Porijeklo oca: \_\_\_\_\_

6) Porijeklo majke: \_\_\_\_\_

7) Stupanj obrazovanja:           SSS   VŠS   VSS   MR. SC.   DR. SC.

8) Zanimanje:  
\_\_\_\_\_

9) Spol:   M       Ž

\_\_\_\_\_  
Vlastoručni potpis

PRILOG 6. Popis ciljanih riječi za svih pet hrvatskih vokala.

**vokal [a]**

- 1) patka
- 2) mati
- 3) faktor
- 4) tako
- 5) dabar
- 6) žaba
- 7) vata
- 8) lakat
- 9) džabe
- 10) gadno

**vokal [e]**

- 1) pekar
- 2) metar
- 3) leti
- 4) neto
- 5) deka
- 6) šetnja
- 7) redom
- 8) četa
- 9) sedmi
- 10) keper

**vokal [i]**

- 1) pita
- 2) vika
- 3) rikne
- 4) bitno
- 5) čipka
- 6) nikad
- 7) sito
- 8) tigar
- 9) dika
- 10) šiba

**vokal [o]**

- 1) poklon
- 2) kopar
- 3) noga
- 4) fokus
- 5) soba
- 6) šogor
- 7) roba
- 8) voda
- 9) joga
- 10) čopor

**vokal [u]**

- 1) buka
- 2) tupo
- 3) kupka
- 4) šupa
- 5) zubni
- 6) sutra
- 7) čudo
- 8) ruka
- 9) jutro
- 10) luka

PRILOG 7. Popis rečenica za akustičku analizu formantskih frekvencija i fundamentalne frekvencije za govornike hrvatskoga jezika (ciljana se riječ nalazi u finalnoj poziciji u rečenici).

Na slici je patka.

Pokraj nje je njena mati.

Ne nosi zaštitni faktor.

Bilo je svakako samo ne tako.

Onda je došao dabar.

Poslije njega došla je žaba.

U ušima im je bila vata.

Udario me u lakat.

Ali prošao sam džabe.

Nije bilo gadno.

Navratio je i pekar.

Ponio je metar.

Vidio je da patka leti.

Izračunali smo koliki je neto.

Na sniženju je bila samo deka.

Otpala je i kupovina i šetnja.

Sve je išlo svojim redom.

Nismo znali hoćemo li uzeti tri ili četiri.

U redu sam bio sedmi.

Sniženi su bili pamuk i keper.

Jela mi se pita.

Onda se čula neka vika.

Iz daleka netko rikne.

Mislili smo da je nešto bitno.

Na podu je bila čipka.

Pomislili smo sad ili nikad.

Uvijek smo prošli kroz svako sito.

Nije bio čovjek nego tigar.

Kraj mene je stajala moja dika.

U ruci joj je bila šiba.

A ja sam imao poklon.

Voljela je začine pa sam uzeo kopar.

Naglo me zaboljela noga.

Izgubio sam fokus.

Pomislili smo da je daleko naša soba.

Naišao je moj šogor.

U rukama mu je bila neka roba.

Iz džepova mu je kapala voda.

Žurio je jer mu je počinjala joga.

Pristizao je preostali čopor.

Nastala je buka.

U glavi mi je bilo tupo.

Samo mi je trebala kupka.

Trebali smo provjeriti je li prazna šupa.

Prije sam nešto pojeo pa mi je trebao konac... zubni.

Ali mogu to sutra.

Kakvo bi to bilo čudo.

Onda me zaboljela ruka.

Ali sve je prestalo sljedeće jutro.

S prozora se vidjela luka.

PRILOG 8. Popis rečenica za akustičku analizu formantskih frekvencija i fundamentalne frekvencije za govornike srpskoga jezika (ciljana se riječ nalazi u finalnoj poziciji u rečenici).

На слици је патка.  
Поред ње је њена мати.  
Не носи заштитни фактор.  
Било је свакако само не тако.  
Онда је дошао дабар.  
После њега је дошла жаба.  
У ушима им је била вата.  
Ударио ме у лакат.  
Али прошао сам цабе.  
Није било гадно.  
Навратио је и пекар.  
Понио је метар.  
Видио је да патка лети.  
Израчунали смо колики је нето.  
На снижењу је била само дека.  
Отпала је и куповина и шетња.  
Ишли су редом.  
Нисмо знали хоћемо ли узети три или четири.  
У реду сам био седми.  
Снижени су били памук и кепер.  
Јела ми се пита.  
Онда се чула нека вика.  
Из далека неко рикне.  
Мислили смо да је нешто битно.  
На поду је била чипка.  
Помислили смо сад или никад.

За просејавање житног брашна  
користимо сито.  
Није био човек него тигар.  
Крај мене је стајала моја дика.  
У руци јој је била шиба.  
А ја сам имао поклон.  
Волела је зачине па сам узео копар.  
Нагло ме заболела нога.  
Изгубио сам фокус.  
Помислили смо да је далеко наша соба.  
Наишао је мој шогор.  
У рукама му је била нека роба.  
Из џепова му је капала вода.  
Журио је јер му је починјала јога.  
Пристизао је преостали чопор.  
Настала је бука.  
У глави ми је било тупо.  
Само ми је требала купка.  
Требали смо проверити да ли је празна шупа.  
За уклањање остатака хране у устима  
користимо посебан конач...зубни.  
Али могу то сутра.  
Какво би то било чудо.  
Онда ме заболела рука.  
Али све је престало следеће јутро.  
С прозора се видела лука.

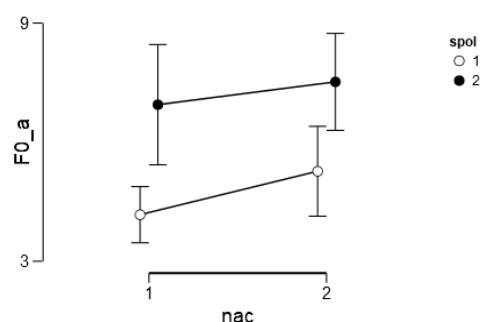
PRILOG 9. Vrijednosti prosječnog apsolutnog odstupanja (u  $F_0$ ,  $F_1$ ,  $F_2$ ,  $F_3$ ) za svakoga govornika s provedenom složenom ANOVA (2x2) analizom.

### F0\_a

Cases	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p	$\eta^2$
nac	27.455	1	27.455	2.198	0.140	0.012
spol	248.775	1	248.775	19.914	< .001	0.111
nac * spol	2.672	1	2.672	0.214	0.644	0.001
Residual	1961.301	157	12.492			

### Descriptives - F0\_a

nac	spol	Mean	SD	N
1	1	4.172	2.381	46
	2	6.944	4.343	34
2	1	5.267	3.812	46
	2	7.518	3.556	35

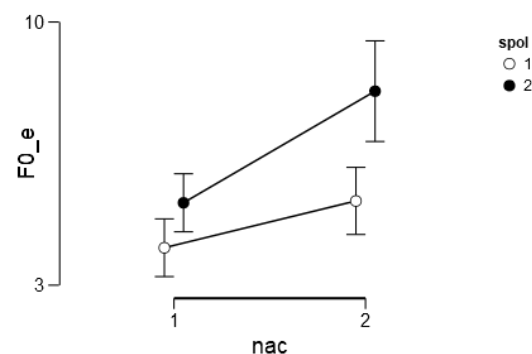


### F0\_e

Cases	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p	$\eta^2$
nac	174.98	1	174.980	20.125	< .001	0.101
spol	167.01	1	167.014	19.209	< .001	0.096
nac * spol	29.28	1	29.285	3.368	0.068	0.017
Residual	1365.07	157	8.695			

### Descriptives - F0\_e

nac	spol	Mean	SD	N
1	1	3.995	2.588	46
	2	5.191	2.246	35
2	1	5.240	3.006	46
	2	8.160	3.836	34



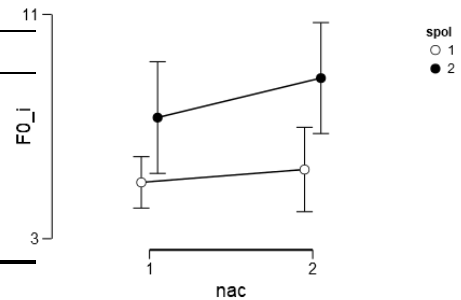


**F0\_i**

Cases	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p	$\eta^2$
nac	34.343	1	34.343	1.422	0.235	0.008
spol	306.242	1	306.242	12.677	< .001	0.074
nac * spol	8.914	1	8.914	0.369	0.544	0.002
Residual	3792.835	157	24.158			

**Descriptives - F0\_i**

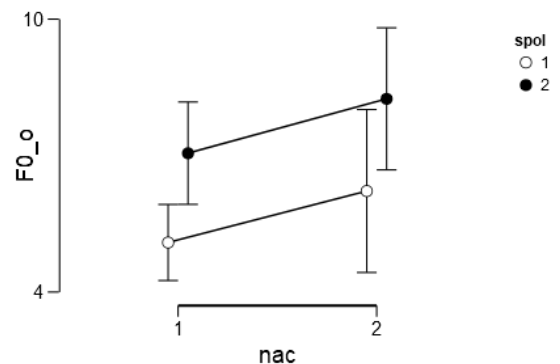
nac	spol	Mean	SD	N
1	1	5.009	3.091	46
	2	7.321	5.798	35
2	1	5.467	5.072	46
	2	8.729	5.674	34

**F0\_o**

Cases	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p	$\eta^2$
nac	53.383	1	53.383	2.774	0.098	0.017
spol	156.973	1	156.973	8.157	0.005	0.049
nac * spol	0.040	1	0.040	0.002	0.963	0.000
Residual	3021.210	157	19.243			

**Descriptives - F0\_o**

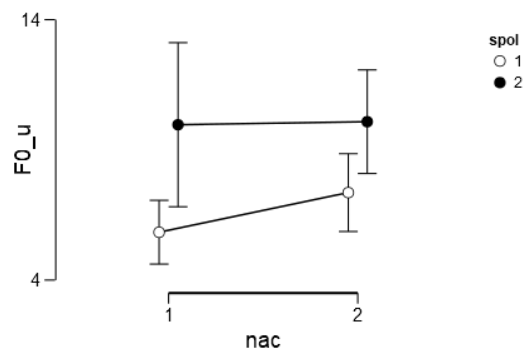
nac	spol	Mean	SD	N
1	1	5.089	2.815	46
	2	7.052	3.277	35
2	1	6.220	6.033	46
	2	8.248	4.478	34

**F0\_u**

Cases	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p	$\eta^2$
nac	26.46	1	26.46	0.712	0.400	0.004
spol	462.81	1	462.81	12.452	< .001	0.073
nac * spol	19.49	1	19.49	0.524	0.470	0.003
Residual	5835.10	157	37.17			

### Descriptives - F0\_u

nac	spol	Mean	SD	N
1	1	5.837	4.121	46
	2	9.966	9.173	35
2	1	7.359	5.029	46
	2	10.082	5.699	34

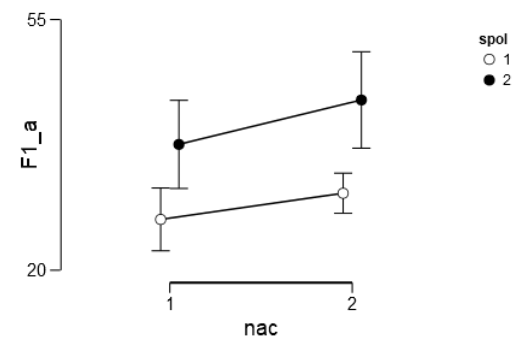


### F1\_a

Cases	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p	$\eta^2$
nac	964.78	1	964.78	4.032	0.046	0.022
spol	5489.64	1	5489.64	22.945	< .001	0.124
nac * spol	64.37	1	64.37	0.269	0.605	0.001
Residual	37802.62	158	239.26			

### Descriptives - F1\_a

nac	spol	Mean	SD	N
1	1	27.09	14.764	46
	2	37.57	17.917	35
2	1	30.74	9.433	46
	2	43.77	19.609	35

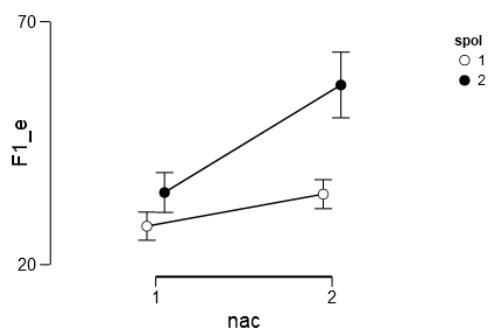


### F1\_e

Cases	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p	$\eta^2$
nac	8195	1	8195.3	48.19	< .001	0.178
spol	8594	1	8593.6	50.53	< .001	0.187
nac * spol	2398	1	2398.3	14.10	< .001	0.052
Residual	26868	158	170.1			

### Descriptives - F1\_e

nac	spol	Mean	SD	N
1	1	27.91	9.761	46
	2	34.85	11.943	35
2	1	34.50	10.070	46
	2	56.97	19.680	35

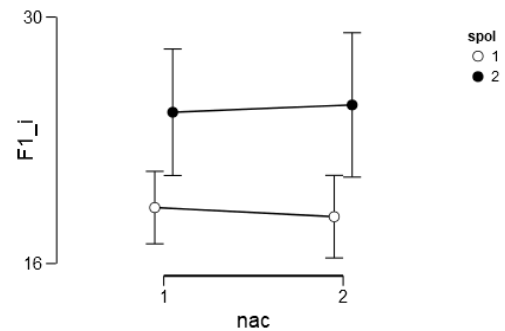


**F1\_i**

Cases	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p	$\eta^2$
nac	0.099	1	0.099	0.001	0.973	0.000
spol	1375.037	1	1375.037	16.048	< .001	0.092
nac * spol	8.626	1	8.626	0.101	0.751	0.001
Residual	13537.744	158	85.682			

**Descriptives - F1\_i**

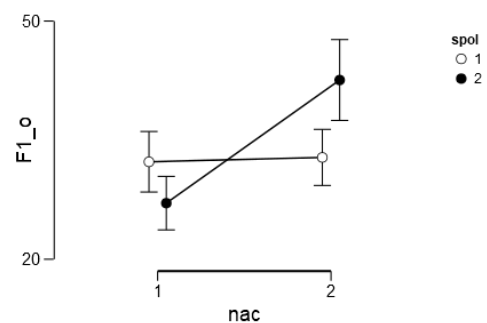
nac	spol	Mean	SD	N
1	1	19.18	6.937	46
	2	24.59	10.461	35
2	1	18.66	7.903	46
	2	25.01	11.932	35

**F1\_o**

Cases	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p	$\eta^2$
nac	2563.4	1	2563.4	16.503	< .001	0.087
spol	204.9	1	204.9	1.319	0.253	0.007
nac * spol	2224.3	1	2224.3	14.320	< .001	0.075
Residual	24541.9	158	155.3			

**Descriptives - F1\_o**

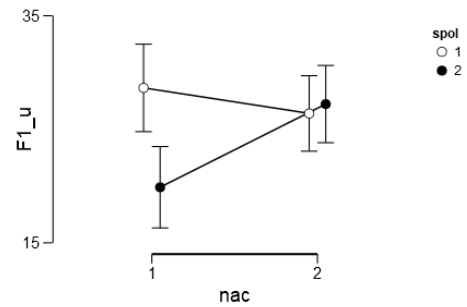
nac	spol	Mean	SD	N
1	1	32.27	12.838	46
	2	27.06	9.801	35
2	1	32.82	11.906	46
	2	42.57	14.833	35

**F1\_u**

Cases	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p	$\eta^2$
nac	256.2	1	256.2	1.998	0.160	0.012
spol	624.4	1	624.4	4.869	0.029	0.028
nac * spol	911.2	1	911.2	7.106	0.008	0.041
Residual	20261.5	158	128.2			

**Descriptives - F1\_u**

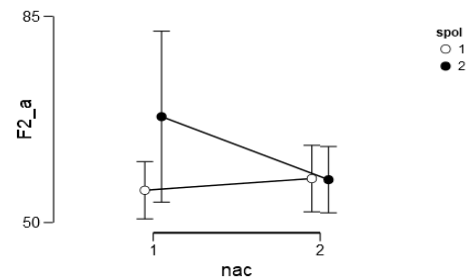
nac	spol	Mean	SD	N
1	1	28.65	12.986	46
	2	19.89	10.431	35
2	1	26.40	11.196	46
	2	27.22	9.900	35

**F2\_a**

Cases	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p	$\eta^2$
nac	754.8	1	754.8	1.215	0.272	0.007
spol	1507.7	1	1507.7	2.427	0.121	0.015
nac * spol	1598.1	1	1598.1	2.572	0.111	0.016
Residual	98160.3	158	621.3			

**Descriptives - F2\_a**

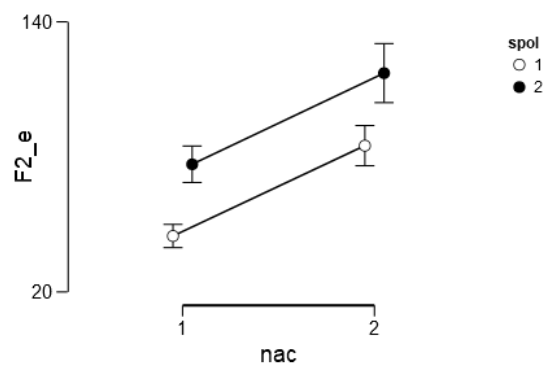
nac	spol	Mean	SD	N
1	1	55.47	16.37	46
	2	67.97	42.25	35
2	1	57.46	19.02	46
	2	57.27	16.38	35

**F2\_e**

Cases	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p	$\eta^2$
nac	64632.742	1	64632.742	83.249	< .001	0.283
spol	40811.839	1	40811.839	52.567	< .001	0.179
nac * spol	1.284	1	1.284	0.002	0.968	0.000
Residual	122667.753	158	776.378			

**Descriptives - F2\_e**

nac	spol	Mean	SD	N
1	1	44.85	17.35	46
	2	76.71	23.57	35
2	1	84.99	30.04	46
	2	117.21	38.21	35

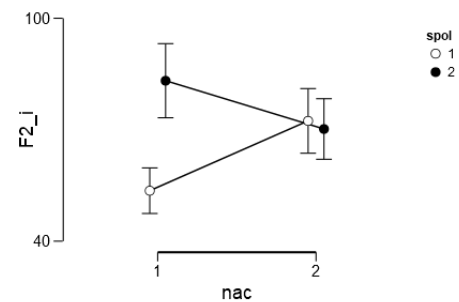


**F2\_i**

Cases	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p	$\eta^2$
nac	334.2	1	334.2	0.500	0.481	0.003
spol	7478.9	1	7478.9	11.192	0.001	0.061
nac * spol	10042.0	1	10042.0	15.027	< .001	0.081
Residual	105582.2	158	668.2			

**Descriptives - F2\_i**

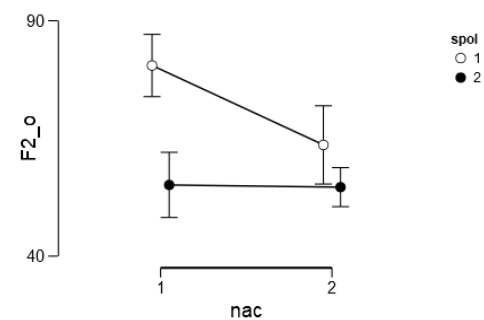
nac	spol	Mean	SD	N
1	1	53.58	20.63	46
	2	83.19	29.05	35
2	1	72.37	29.29	46
	2	70.20	23.72	35

**F2\_o**

Cases	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p	$\eta^2$
nac	2986	1	2985.8	6.180	0.014	0.032
spol	11728	1	11727.9	24.273	< .001	0.125
nac * spol	2674	1	2673.5	5.533	0.020	0.029
Residual	76341	158	483.2			

**Descriptives - F2\_o**

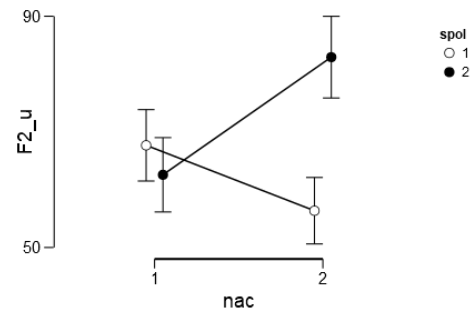
nac	spol	Mean	SD	N
1	1	80.50	22.28	46
	2	55.12	20.15	35
2	1	63.63	27.99	46
	2	54.65	12.05	35

**F2\_u**

Cases	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p	$\eta^2$
nac	812.0	1	812.0	2.049	0.154	0.010
spol	4582.1	1	4582.1	11.564	< .001	0.059
nac * spol	9967.7	1	9967.7	25.156	< .001	0.128
Residual	62605.6	158	396.2			

### Descriptives - F2\_u

nac	spol	Mean	SD	N
1	1	67.67	20.80	46
	2	62.57	18.71	35
2	1	56.36	19.34	46
	2	82.93	20.57	35

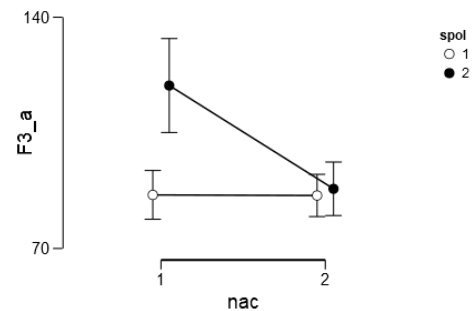


### F3\_a

Cases	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p	$\eta^2$
nac	9824	1	9823.6	12.33	< .001	0.062
spol	12267	1	12266.7	15.39	< .001	0.078
nac * spol	9610	1	9610.1	12.06	< .001	0.061
Residual	125927	158	797.0			

### Descriptives - F3\_a

nac	spol	Mean	SD	N
1	1	86.21	24.86	46
	2	119.33	41.43	35
2	1	86.04	21.51	46
	2	88.06	23.59	35

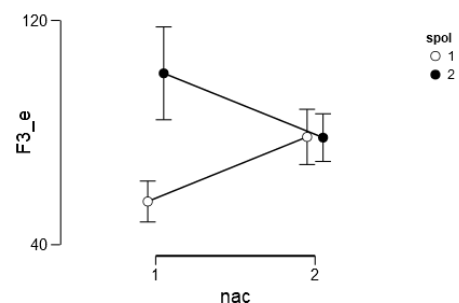


### F3\_e

Cases	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p	$\eta^2$
nac	0.085	1	0.085	7.591e -5	0.993	0.000
spol	20563.672	1	20563.672	18.387	< .001	0.094
nac * spol	21009.280	1	21009.280	18.786	< .001	0.096
Residual	176702.170	158	1118.368			

### Descriptives - F3\_e

nac	spol	Mean	SD	N
1	1	55.41	24.57	46
	2	101.15	48.23	35
2	1	78.45	33.21	46
	2	78.20	24.75	35



### F3\_i

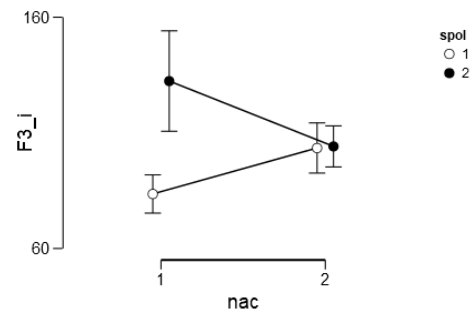
Cases	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p	$\eta^2$
nac	694.6	1	694.6	0.433	0.511	0.002
spol	24385.5	1	24385.5	15.205	< .001	0.081

**F3\_i**

Cases	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p	$\eta^2$
nac * spol	23042.7	1	23042.7	14.368	< .001	0.076
Residual	253398.7	158	1603.8			

**Descriptives - F3\_i**

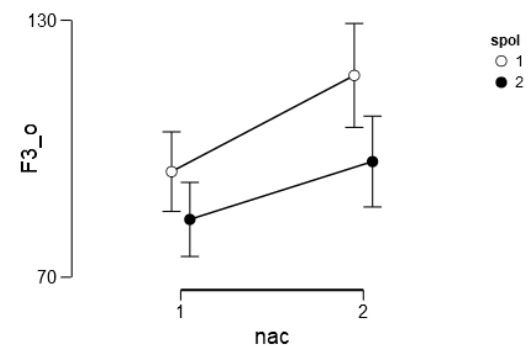
nac	spol	Mean	SD	N
1	1	83.55	27.83	46
	2	132.40	63.20	35
2	1	103.45	36.53	46
	2	104.14	25.83	35

**F3\_o**

Cases	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p	$\eta^2$
nac	12872.7	1	12872.7	11.740	< .001	0.065
spol	9727.7	1	9727.7	8.872	0.003	0.049
nac * spol	798.1	1	798.1	0.728	0.395	0.004
Residual	173248.2	158	1096.5			

**Descriptives - F3\_o**

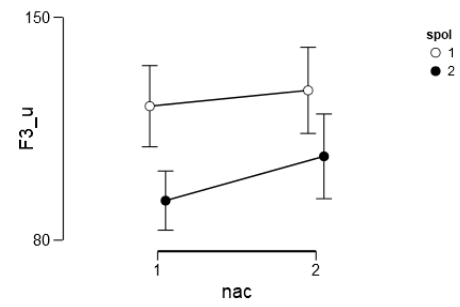
nac	spol	Mean	SD	N
1	1	94.65	31.30	46
	2	83.49	25.18	35
2	1	117.12	40.87	46
	2	97.00	30.89	35

**F3\_u**

Cases	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p	$\eta^2$
nac	3542.1	1	3542.1	2.220	0.138	0.013
spol	25223.3	1	25223.3	15.811	< .001	0.090
nac * spol	794.4	1	794.4	0.498	0.481	0.003
Residual	252058.1	158	1595.3			

**Descriptives - F3\_u**

<b>nac</b>	<b>spol</b>	<b>Mean</b>	<b>SD</b>	<b>N</b>
	1	122.07	42.91	46
	2	92.41	27.04	35
2	1	127.04	45.55	46
	2	106.32	38.72	35





PRILOG 10. Rezultati nezavisnoga t-testa između muških govornika hrvatskoga i srpskoga jezika u analiziranim akustičkim parametrima (F<sub>0</sub>, F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub>, F<sub>3</sub>).

<b>Independent Samples T-Test</b>					
	<b>Test</b>	<b>statistic</b>	<b>df</b>	<b>p</b>	<b>Cohen's d</b>
F0_a	Student's	-1.652	90.00	0.102	-0.345
	Mann-Whitney	843.500		0.095	-0.345
F0_e	Student's	-2.129	90.00	0.036	-0.444
	Mann-Whitney	720.500		0.008	-0.444
F0_i	Student's	-0.523	90.00	0.602	-0.109
	Mann-Whitney	1026.500		0.809	-0.109
F0_o	Student's	-1.153	90.00	0.252	-0.240
	Mann-Whitney	1037.500		0.876	-0.240
F0_u	Student's	-1.588	90.00	0.116	-0.331
	Mann-Whitney	812.500		0.056	-0.331
F1_a	Student's	-1.414	90.00	0.161	-0.295
	Mann-Whitney	755.000		0.018	-0.295
F1_e	Student's	-3.187	90.00	0.002	-0.665
	Mann-Whitney	660.000		0.002	-0.665
F1_i	Student's	0.333	90.00	0.740	0.069
	Mann-Whitney	1146.000		0.494	0.069
F1_o	Student's	-0.213	90.00	0.832	-0.044
	Mann-Whitney	1002.500		0.668	-0.044
F1_u	Student's	0.890	90.00	0.376	0.186
	Mann-Whitney	1162.000		0.419	0.186
F2_a	Student's	-0.536	90.00	0.593	-0.112
	Mann-Whitney	989.500		0.595	-0.112
F2_e	Student's	-7.849	90.00	< .001	<sup>a</sup> -1.637
	Mann-Whitney	245.000		< .001	<sup>a</sup> -1.637
F2_i	Student's	-3.558	90.00	< .001	<sup>a</sup> -0.742
	Mann-Whitney	657.500		0.002	<sup>a</sup> -0.742
F2_o	Student's	3.197	90.00	0.002	<sup>a</sup> 0.667
	Mann-Whitney	1404.000		0.007	<sup>a</sup> 0.667
F2_u	Student's	2.702	90.00	0.008	0.563
	Mann-Whitney	1357.000		0.020	0.563
F3_a	Student's	0.035	90.00	0.972	0.007
	Mann-Whitney	1076.500		0.888	0.007
F3_e	Student's	-3.782	90.00	< .001	<sup>a</sup> -0.789
	Mann-Whitney	631.500		< .001	<sup>a</sup> -0.789
F3_i	Student's	-2.939	90.00	0.004	<sup>a</sup> -0.613
	Mann-Whitney	728.000		0.010	<sup>a</sup> -0.613
F3_o	Student's	-2.961	90.00	0.004	<sup>a</sup> -0.617
	Mann-Whitney	719.000		0.008	<sup>a</sup> -0.617
F3_u	Student's	-0.539	90.00	0.592	-0.112
	Mann-Whitney	954.500		0.421	-0.112

<sup>a</sup> Levene's test is significant ( $p < .05$ ), suggesting a violation of the equal variance assumption

**Group Descriptives**

	<b>Group</b>	<b>N</b>	<b>Mean</b>	<b>SD</b>	<b>SE</b>
F0_a	Hrvati	46	4.172	2.381	0.351
	Srbi	46	5.267	3.812	0.562
F0_e	Hrvati	46	3.995	2.588	0.382
	Srbi	46	5.240	3.006	0.443
F0_i	Hrvati	46	5.009	3.091	0.456
	Srbi	46	5.467	5.072	0.748
F0_o	Hrvati	46	5.089	2.815	0.415
	Srbi	46	6.220	6.033	0.889
F0_u	Hrvati	46	5.837	4.121	0.608
	Srbi	46	7.359	5.029	0.741
F1_a	Hrvati	46	27.091	14.764	2.177
	Srbi	46	30.745	9.433	1.391
F1_e	Hrvati	46	27.910	9.761	1.439
	Srbi	46	34.501	10.070	1.485
F1_i	Hrvati	46	19.178	6.937	1.023
	Srbi	46	18.663	7.903	1.165
F1_o	Hrvati	46	32.273	12.838	1.893
	Srbi	46	32.823	11.906	1.755
F1_u	Hrvati	46	28.645	12.986	1.915
	Srbi	46	26.396	11.196	1.651
F2_a	Hrvati	46	55.473	16.366	2.413
	Srbi	46	57.456	19.024	2.805
F2_e	Hrvati	46	44.850	17.349	2.558
	Srbi	46	84.992	30.038	4.429
F2_i	Hrvati	46	53.580	20.635	3.042
	Srbi	46	72.373	29.288	4.318
F2_o	Hrvati	46	80.495	22.282	3.285
	Srbi	46	63.628	27.993	4.127
F2_u	Hrvati	46	67.672	20.801	3.067
	Srbi	46	56.357	19.345	2.852
F3_a	Hrvati	46	86.215	24.862	3.666
	Srbi	46	86.043	21.515	3.172
F3_e	Hrvati	46	55.412	24.568	3.622
	Srbi	46	78.447	33.211	4.897
F3_i	Hrvati	46	83.554	27.831	4.103
	Srbi	46	103.450	36.526	5.385
F3_o	Hrvati	46	94.648	31.298	4.615
	Srbi	46	117.123	40.869	6.026
F3_u	Hrvati	46	122.070	42.908	6.326
	Srbi	46	127.040	45.555	6.717

PRILOG 11. Rezultati nezavisnoga t-testa između ženskih govornika hrvatskoga i srpskoga jezika u analiziranim akustičkim parametrima (F<sub>0</sub>, F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub>, F<sub>3</sub>).

**Independent Samples T-Test**

	Test	statistic	df	p	Cohen's d
F0_a	Student's	-0.602	67.00	0.549	-0.145
	Mann-Whitney	490.000		0.210	-0.145
F0_e	Student's	-3.937	67.00	< .001	<sup>a</sup> -0.948
	Mann-Whitney	261.000		< .001	<sup>a</sup> -0.948
F0_i	Student's	-1.020	67.00	0.312	-0.246
	Mann-Whitney	445.500		0.074	-0.246
F0_o	Student's	-1.268	67.00	0.209	-0.305
	Mann-Whitney	514.000		0.334	-0.305
F0_u	Student's	-0.063	67.00	0.950	-0.015
	Mann-Whitney	516.500		0.349	-0.015
F1_a	Student's	-1.381	68.00	0.172	-0.330
	Mann-Whitney	482.500		0.128	-0.330
F1_e	Student's	-5.686	68.00	< .001	<sup>a</sup> -1.359
	Mann-Whitney	211.000		< .001	<sup>a</sup> -1.359
F1_i	Student's	-0.155	68.00	0.877	-0.037
	Mann-Whitney	609.500		0.977	-0.037
F1_o	Student's	-5.161	68.00	< .001	<sup>a</sup> -1.234
	Mann-Whitney	232.000		< .001	<sup>a</sup> -1.234
F1_u	Student's	-3.014	68.00	0.004	-0.720
	Mann-Whitney	328.500		< .001	-0.720
F2_a	Student's	1.397	68.00	0.167	0.334
	Mann-Whitney	695.000		0.335	0.334
F2_e	Student's	-5.337	68.00	< .001	<sup>a</sup> -1.276
	Mann-Whitney	231.000		< .001	<sup>a</sup> -1.276
F2_i	Student's	2.050	68.00	0.044	0.490
	Mann-Whitney	782.000		0.047	0.490
F2_o	Student's	0.117	68.00	0.907	<sup>a</sup> 0.028
	Mann-Whitney	568.500		0.609	<sup>a</sup> 0.028
F2_u	Student's	-4.330	68.00	< .001	-1.035
	Mann-Whitney	269.000		< .001	-1.035
F3_a	Student's	3.880	68.00	< .001	<sup>a</sup> 0.928
	Mann-Whitney	890.000		< .001	<sup>a</sup> 0.928
F3_e	Student's	2.504	68.00	0.015	<sup>a</sup> 0.599
	Mann-Whitney	784.000		0.044	<sup>a</sup> 0.599
F3_i	Student's	2.448	68.00	0.017	<sup>a</sup> 0.585
	Mann-Whitney	767.000		0.070	<sup>a</sup> 0.585
F3_o	Student's	-2.006	68.00	0.049	-0.480
	Mann-Whitney	441.000		0.045	-0.480
F3_u	Student's	-1.743	68.00	0.086	-0.417
	Mann-Whitney	480.500		0.122	-0.417

<sup>a</sup> Levene's test is significant ( $p < .05$ ), suggesting a violation of the equal variance assumption

**Group Descriptives**

	<b>Group</b>	<b>N</b>	<b>Mean</b>	<b>SD</b>	<b>SE</b>
F0_a	Hrvatice	34	6.944	4.343	0.745
	Srpkinje	35	7.518	3.556	0.601
F0_e	Hrvatice	35	5.191	2.246	0.380
	Srpkinje	34	8.160	3.836	0.658
F0_i	Hrvatice	35	7.321	5.798	0.980
	Srpkinje	34	8.729	5.674	0.973
F0_o	Hrvatice	35	7.052	3.277	0.554
	Srpkinje	34	8.248	4.478	0.768
F0_u	Hrvatice	35	9.966	9.173	1.551
	Srpkinje	34	10.082	5.699	0.977
F1_a	Hrvatice	35	37.570	17.917	3.029
	Srpkinje	35	43.769	19.609	3.315
F1_e	Hrvatice	35	34.846	11.943	2.019
	Srpkinje	35	56.971	19.680	3.326
F1_i	Hrvatice	35	24.594	10.461	1.768
	Srpkinje	35	25.010	11.932	2.017
F1_o	Hrvatice	35	27.063	9.801	1.657
	Srpkinje	35	42.574	14.833	2.507
F1_u	Hrvatice	35	19.894	10.431	1.763
	Srpkinje	35	27.221	9.900	1.673
F2_a	Hrvatice	35	67.971	42.251	7.142
	Srpkinje	35	57.274	16.384	2.769
F2_e	Hrvatice	35	76.711	23.567	3.984
	Srpkinje	35	117.213	38.209	6.458
F2_i	Hrvatice	35	83.190	29.046	4.910
	Srpkinje	35	70.196	23.724	4.010
F2_o	Hrvatice	35	55.118	20.149	3.406
	Srpkinje	35	54.653	12.045	2.036
F2_u	Hrvatice	35	62.573	18.711	3.163
	Srpkinje	35	82.927	20.574	3.478
F3_a	Hrvatice	35	119.329	41.433	7.003
	Srpkinje	35	88.061	23.586	3.987
F3_e	Hrvatice	35	101.145	48.227	8.152
	Srpkinje	35	78.202	24.751	4.184
F3_i	Hrvatice	35	132.397	63.203	10.683
	Srpkinje	35	104.141	25.833	4.367
F3_o	Hrvatice	35	83.485	25.183	4.257
	Srpkinje	35	96.999	30.890	5.221
F3_u	Hrvatice	35	92.411	27.036	4.570
	Srpkinje	35	106.321	38.719	6.545

PRILOG 12. Varijabilnost analiziranih akustičkih parametara ( $F_0$ ,  $F_1$ ,  $F_2$ ,  $F_3$ ) kod ženskih govornika hrvatskoga i srpskoga jezika te rezultati provedene ANOVA-e za ponovljena mjerenja.

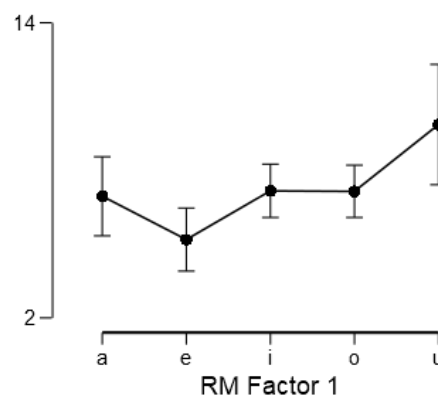
### F0 Žene

#### Within Subjects Effects

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p	$\eta^2$
RM Factor 1	380.8	a 4	a 95.20	a 4.623	a 0.002	a 0.123
Residual	2718.2	132	20.59			

#### Descriptives

RM Factor 1	Mean	SD	N
a	6.944	4.343	34
e	5.183	2.280	34
i	7.165	5.811	34
o	7.146	3.279	34
u	9.861	9.289	34



### T-Test

#### Paired Samples T-Test

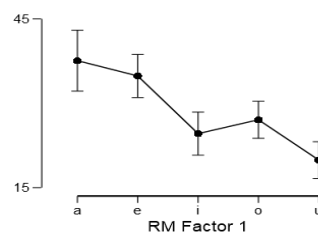
	t	df	p	Cohen's d
F0_a - F0_e	2.433	33	0.021	0.417
F0_a - F0_i	-0.209	33	0.836	-0.036
F0_a - F0_o	-0.294	33	0.771	-0.050
F0_a - F0_u	-1.742	33	0.091	-0.299

### F1 Žene

#### Within Subjects Effects

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p	$\eta^2$
RM Factor 1	7472	a 4	a 1868.0	a 13.73	a <.001	a 0.288
Residual	18508	136	136.1			

RM Factor 1	Mean	SD	N
a	37.57	17.917	35
e	34.85	11.943	35
i	24.59	10.461	35
o	27.06	9.801	35
u	19.89	10.431	35



## T-Test

### Paired Samples T-Test

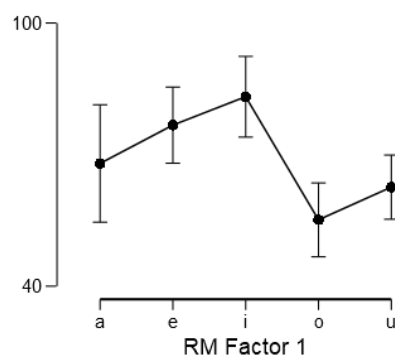
		<b>t</b>	<b>df</b>	<b>p</b>	<b>Cohen's d</b>
F1_a	- F1_e	0.832	34	0.411	0.141
F1_a	- F1_i	3.709	34	< .001	0.627
F1_a	- F1_o	3.089	34	0.004	0.522
F1_a	- F1_u	5.768	34	< .001	0.975

## F2 Žene

### Within Subjects Effects

	<b>Sum of Squares</b>	<b>df</b>	<b>Mean Square</b>	<b>F</b>	<b>p</b>	<b><math>\eta^2</math></b>
RM Factor 1	17354 <sup>a</sup>	4	4338.5 <sup>a</sup>	5.522 <sup>a</sup>	< .001 <sup>a</sup>	0.140
Residual	106851	136	785.7			

<b>RM Factor 1</b>	<b>Mean</b>	<b>SD</b>	<b>N</b>
a	67.97	42.25	35
e	76.71	23.57	35
i	83.19	29.05	35
o	55.12	20.15	35
u	62.57	18.71	35



## T-Test

### Paired Samples T-Test

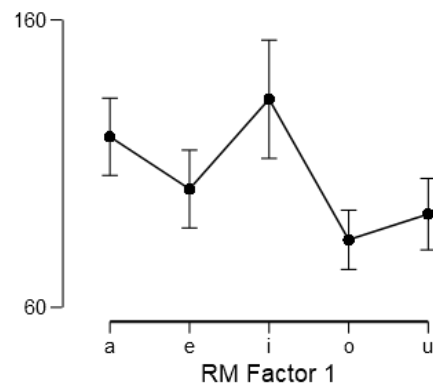
		<b>t</b>	<b>df</b>	<b>p</b>	<b>Cohen's d</b>
F2_a	- F2_e	-1.119	34	0.271	-0.189
F2_a	- F2_i	-1.816	34	0.078	-0.307
F2_a	- F2_o	1.530	34	0.135	0.259
F2_a	- F2_u	0.688	34	0.496	0.116

## F3 Žene

### Within Subjects Effects

	<b>Sum of Squares</b>	<b>df</b>	<b>Mean Square</b>	<b>F</b>	<b>p</b>	<b><math>\eta^2</math></b>
RM Factor 1	55626 <sup>a</sup>	4	13907 <sup>a</sup>	7.827 <sup>a</sup>	< .001 <sup>a</sup>	0.187
Residual	241631	136	1777			

RM Factor 1	Mean	SD	N
a	119.33	41.43	35
e	101.15	48.23	35
i	132.40	63.20	35
o	83.49	25.18	35
u	92.41	27.04	35



## T-Test

### Paired Samples T-Test

	t	df	p	Cohen's d
F3_a - F3_e	2.028	34	0.050	0.343
F3_a - F3_i	-1.033	34	0.309	-0.175
F3_a - F3_o	4.751	34	< .001	0.803
F3_a - F3_u	2.994	34	0.005	0.506

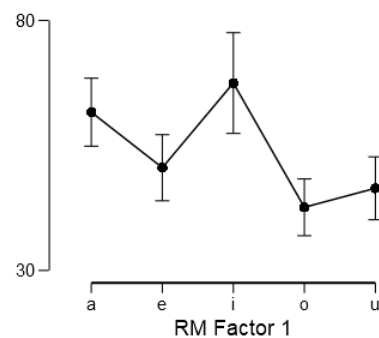
## Form D Žene

### Within Subjects Effects

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p	$\eta^2$
RM Factor 1	15357	<sup>a</sup> 4	<sup>a</sup> 3839.4	<sup>a</sup> 8.601	<sup>a</sup> < .001	<sup>a</sup> 0.202
Residual	60706	136	446.4			

## Descriptives

RM Factor 1	Mean	SD	N
a	61.65	21.76	35
e	50.54	23.97	35
i	67.48	31.23	35
o	42.62	12.84	35
u	46.43	13.90	35



## T-Test

### Paired Samples T-Test

	t	df	p
fd_a - fd_e	2.541	34	0.016
fd_a - fd_i	-0.925	34	0.362
fd_a - fd_o	4.602	34	< .001
fd_a - fd_u	3.418	34	0.002

PRILOG 13. Varijabilnost analiziranih akustičkih parametara (F<sub>0</sub>, F<sub>1</sub>, F<sub>2</sub>, F<sub>3</sub>) kod muških govornika hrvatskoga i srpskoga jezika te rezultati provedene ANOVA-e za ponovljena mjerenja.

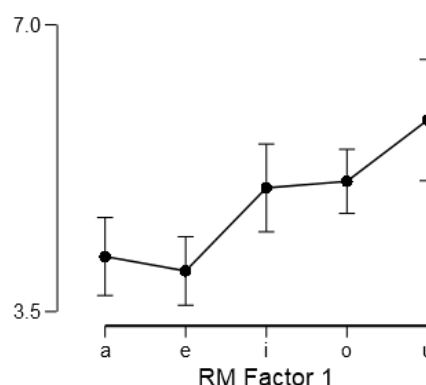
F0 Muškarci

#### Within Subjects Effects

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p	$\eta^2$
RM Factor 1	103.2	<sup>a</sup> 4	<sup>a</sup> 25.793	<sup>a</sup> 8.190	<sup>a</sup> < .001	<sup>a</sup> 0.154
Residual	566.9	180	3.149			

#### Descriptives

RM Factor 1	Mean	SD	N
a	4.172	2.381	46
e	3.995	2.588	46
i	5.009	3.091	46
o	5.089	2.815	46
u	5.837	4.121	46



#### T-Test

##### Paired Samples T-Test

	t	df	p	Cohen's d
F0_a - F0_e	0.781	45	0.439	0.115
F0_a - F0_i	-2.451	45	0.018	-0.361
F0_a - F0_o	-2.948	45	0.005	-0.435
F0_a - F0_u	-3.452	45	0.001	-0.509

F1 Muškarci

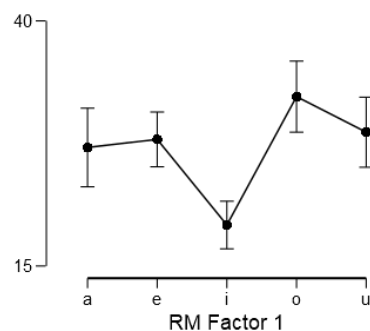
#### Within Subjects Effects

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p	$\eta^2$
RM Factor 1	4256	<sup>a</sup> 4	<sup>a</sup> 1064.1	<sup>a</sup> 8.430	<sup>a</sup> < .001	<sup>a</sup> 0.158
Residual	22720	180	126.2			



### Descriptives

RM Factor 1	Mean	SD	N
a	27.09	14.764	46
e	27.91	9.761	46
i	19.18	6.937	46
o	32.27	12.838	46
u	28.65	12.986	46



### T-Test

#### Paired Samples T-Test

	t	df	p	Cohen's d
F1_a - F1_e	-0.317	45	0.753	-0.047
F1_a - F1_i	3.168	45	0.003	0.467
F1_a - F1_o	-2.002	45	0.051	-0.295
F1_a - F1_u	-0.579	45	0.566	-0.085

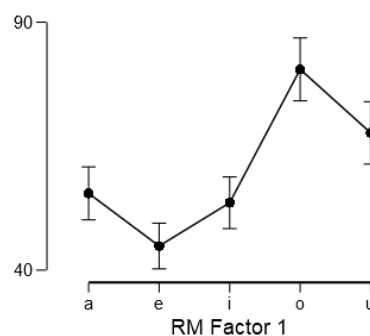
### F2 Muškarci

#### Within Subjects Effects

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p	$\eta^2$
RM Factor 1	35388	4	8846.9	24.90	< .001	0.356
Residual	63957	180	355.3			

### Descriptives

RM Factor 1	Mean	SD	N
a	55.47	16.37	46
e	44.85	17.35	46
i	53.58	20.63	46
o	80.50	22.28	46
u	67.67	20.80	46



### T-Test

#### Paired Samples T-Test

	t	df	p	Cohen's d
F2_a - F2_e	3.153	45	0.003	0.465
F2_a - F2_i	0.454	45	0.652	0.067
F2_a - F2_o	-6.772	45	< .001	-0.999
F2_a - F2_u	-2.998	45	0.004	-0.442

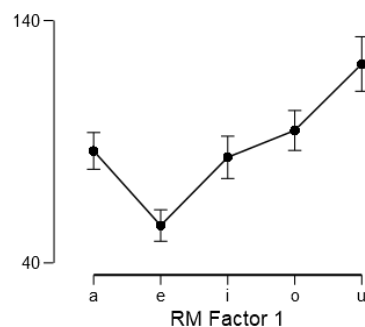
F3 Muškarci

### Within Subjects Effects

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p	$\eta^2$
RM Factor 1	105302	<sup>a</sup> 4	<sup>a</sup> 26325.6	<sup>a</sup> 31.32	<sup>a</sup> < .001	<sup>a</sup> 0.410
Residual	151276	180	840.4			

### Descriptives

RM Factor 1	Mean	SD	N
a	86.21	24.86	46
e	55.41	24.57	46
i	83.55	27.83	46
o	94.65	31.30	46
u	122.07	42.91	46



### T-Test

#### Paired Samples T-Test

	t	df	p	Cohen's d
F3_a - F3_e	6.731	45	< .001	0.992
F3_a - F3_i	0.506	45	0.615	0.075
F3_a - F3_o	-1.502	45	0.140	-0.221
F3_a - F3_u	-5.085	45	< .001	-0.750

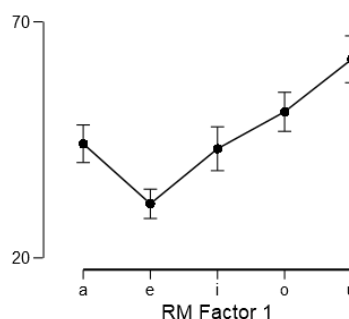
FD Muškarci

### Within Subjects Effects

	Sum of Squares	df	Mean Square	F	p	$\eta^2$
RM Factor 1	23235	4	5808.8	28.85	< .001	0.391
Residual	36244	180	201.4			

### Descriptives

RM Factor 1	Mean	SD	N
a	44.18	13.22	46
e	31.46	11.90	46
i	43.11	14.71	46
o	50.94	15.79	46
u	62.07	19.53	46



# T-Test

## Paired Samples T-Test

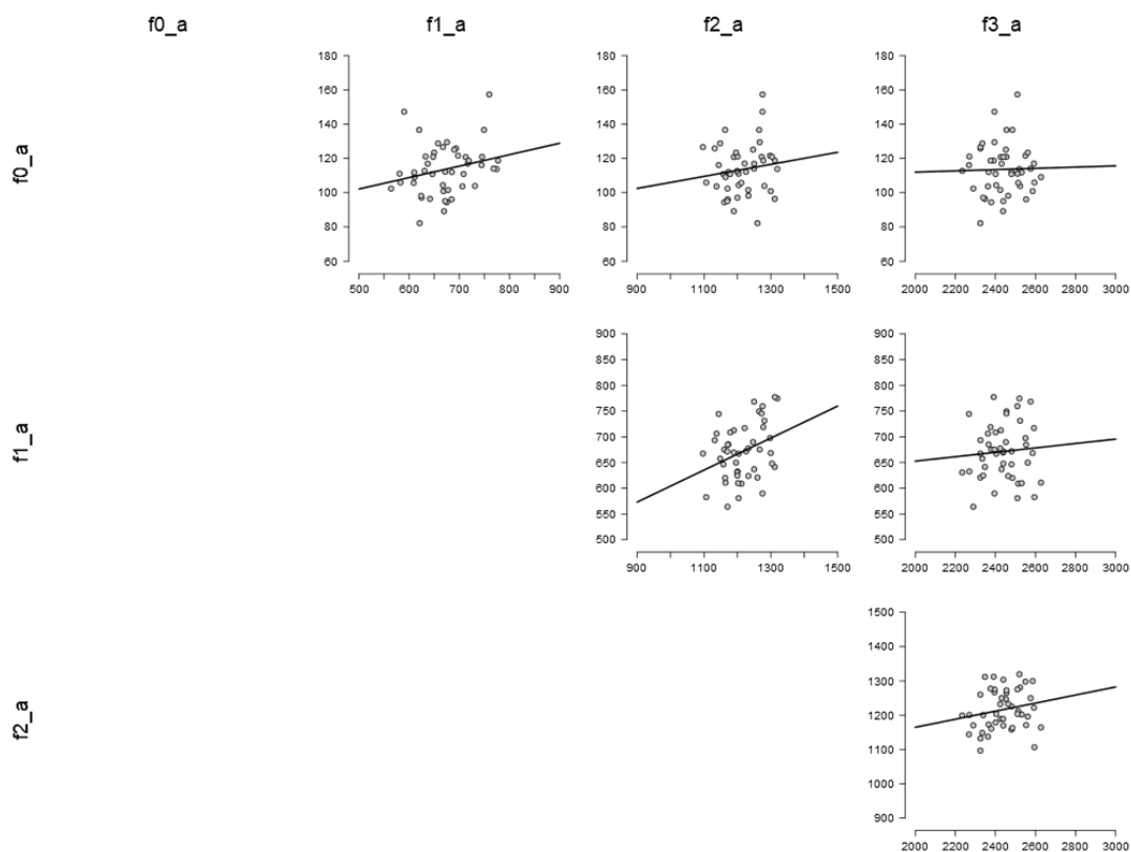
	<b>t</b>	<b>df</b>	<b>p</b>	<b>Cohen's d</b>
fd_a - fd_e	5.459	45	< .001	0.805
fd_a - fd_i	0.369	45	0.714	0.054
fd_a - fd_o	-2.301	45	0.026	-0.339
fd_a - fd_u	-5.444	45	< .001	-0.803

PRILOG 14. Rezultati Pearsonovih korelacija između fundamentalne frekvencije i formanata te između formanata samih kod muških govornika hrvatskoga jezika.

### Pearson Correlations

		f0_a	f1_a	f2_a	f3_a
f0_a	Pearson's r	—	0.246	0.139	0.024
	p-value	—	0.100	0.357	0.873
f1_a	Pearson's r		—	0.334	* 0.077
	p-value		—	0.023	0.611
f2_a	Pearson's r			—	0.196
	p-value			—	0.191
f3_a	Pearson's r				—
	p-value				—

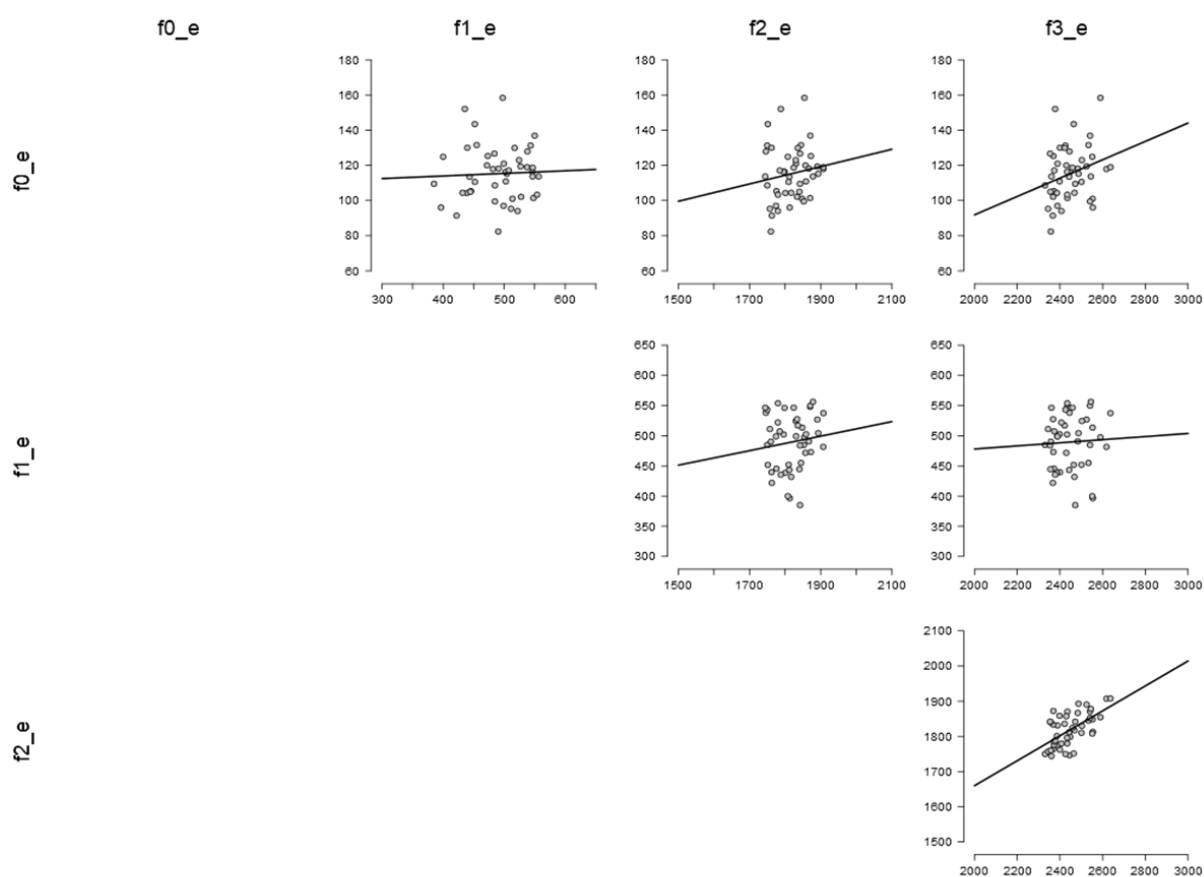
\*  $p < .05$ , \*\*  $p < .01$ , \*\*\*  $p < .001$



## Pearson Correlations

		f0_e	f1_e	f2_e	f3_e	
f0_e	Pearson's r	—	0.044	0.149	0.265	
	p-value	—	0.773	0.324	0.075	
f1_e	Pearson's r		—	0.123	0.044	
	p-value		—	0.417	0.770	
f2_e	Pearson's r			—	0.597	***
	p-value			—	< .001	
f3_e	Pearson's r				—	
	p-value				—	

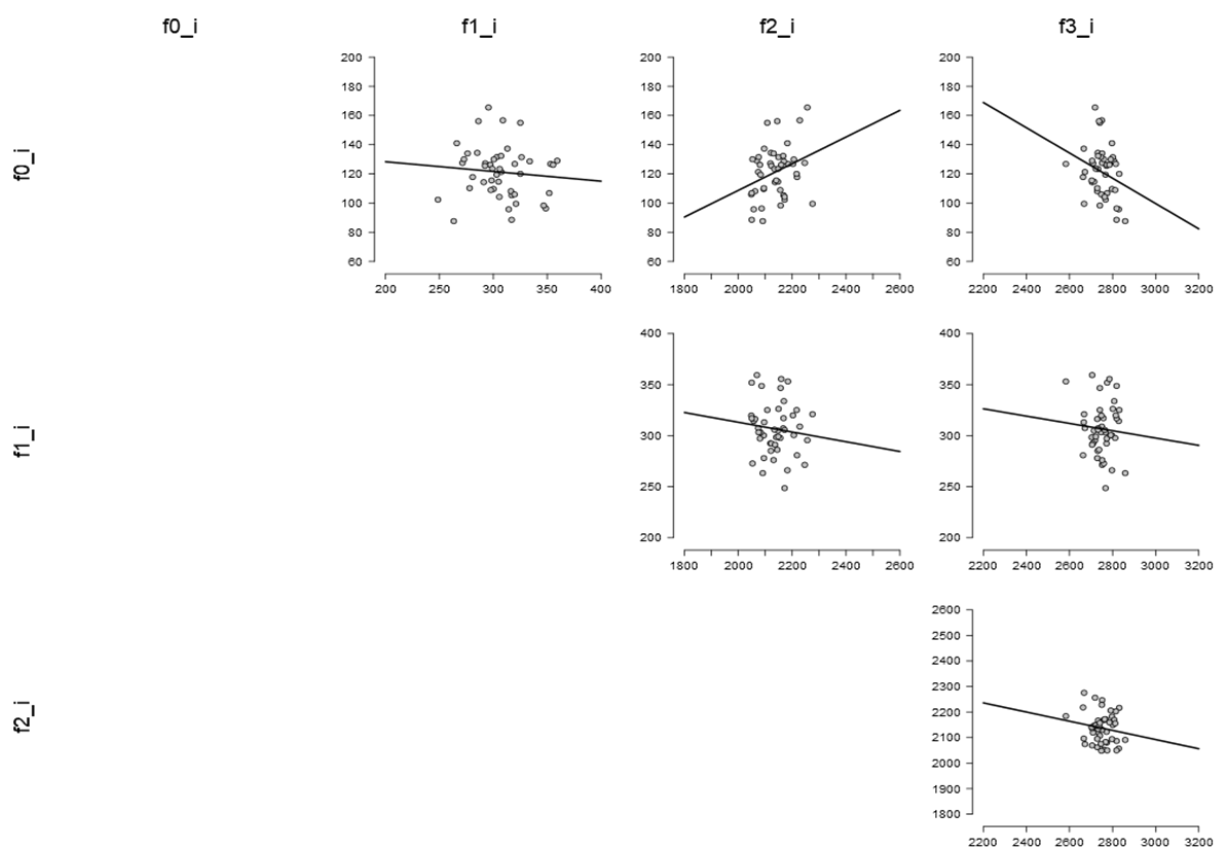
\*  $p < .05$ , \*\*  $p < .01$ , \*\*\*  $p < .001$



## Pearson Correlations

		f0_i	f1_i	f2_i	f3_i
f0_i	Pearson's r	—	-0.096	0.309	* -0.261
	p-value	—	0.523	0.036	0.080
f1_i	Pearson's r		—	-0.111	-0.074
	p-value		—	0.461	0.623
f2_i	Pearson's r			—	-0.160
	p-value			—	0.288
f3_i	Pearson's r				—
	p-value				—

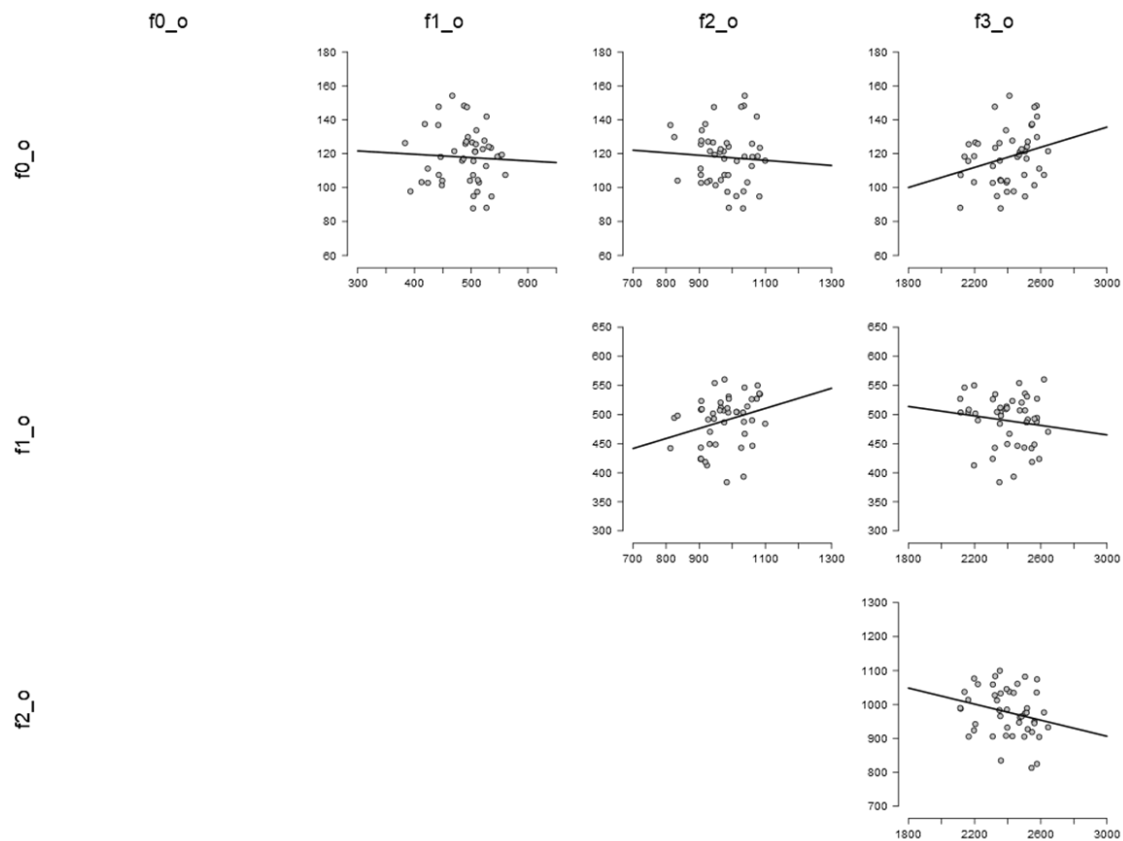
\*  $p < .05$ , \*\*  $p < .01$ , \*\*\*  $p < .001$



## Pearson Correlations

		f0_o	f1_o	f2_o	f3_o
f0_o	Pearson's r	—	-0.053	-0.065	0.268
	p-value	—	0.729	0.668	0.072
f1_o	Pearson's r		—	0.279	-0.137
	p-value		—	0.060	0.362
f2_o	Pearson's r			—	-0.247
	p-value			—	0.098
f3_o	Pearson's r				—
	p-value				—

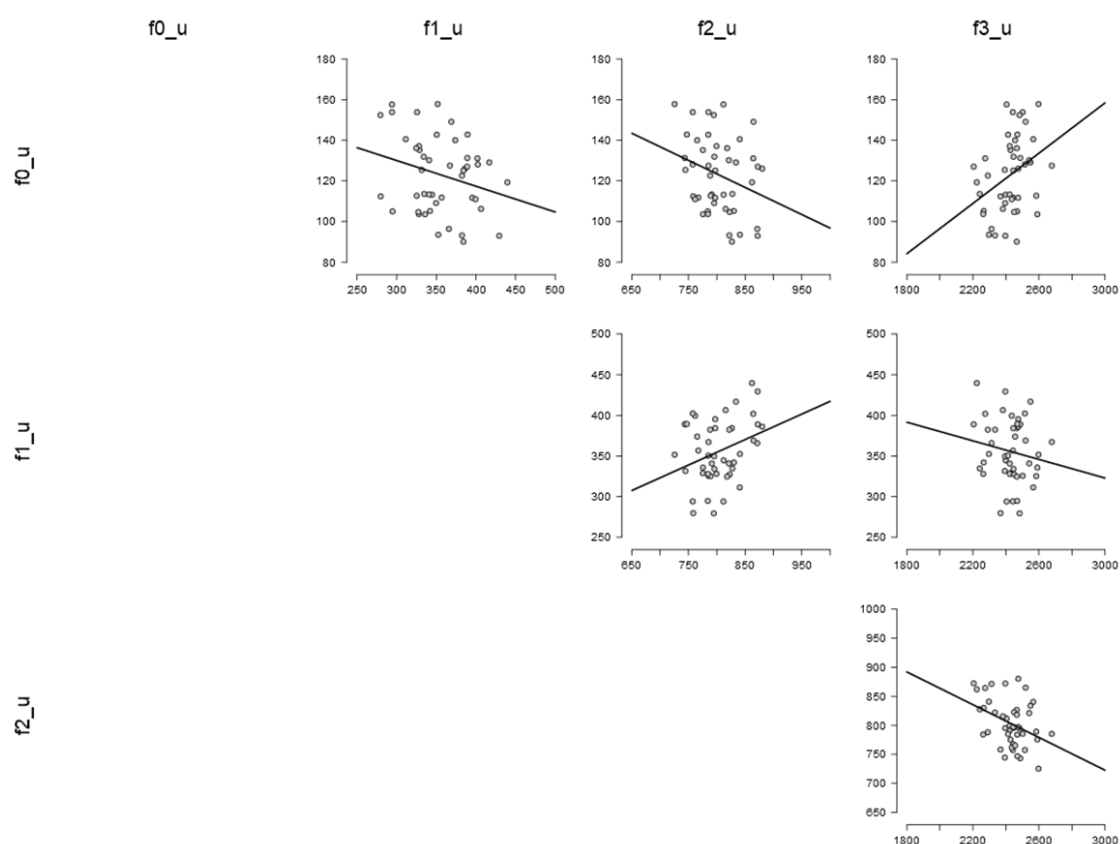
\*  $p < .05$ , \*\*  $p < .01$ , \*\*\*  $p < .001$



## Pearson Correlations

		f0_u	f1_u	f2_u	f3_u	
f0_u	Pearson's r	—	-0.264	-0.280	0.349	*
	p-value	—	0.077	0.060	0.017	
f1_u	Pearson's r		—	0.316	* -0.155	
	p-value		—	0.033	0.303	
f2_u	Pearson's r			—	-0.379	**
	p-value			—	0.009	
f3_u	Pearson's r				—	
	p-value				—	

\*  $p < .05$ , \*\*  $p < .01$ , \*\*\*  $p < .001$



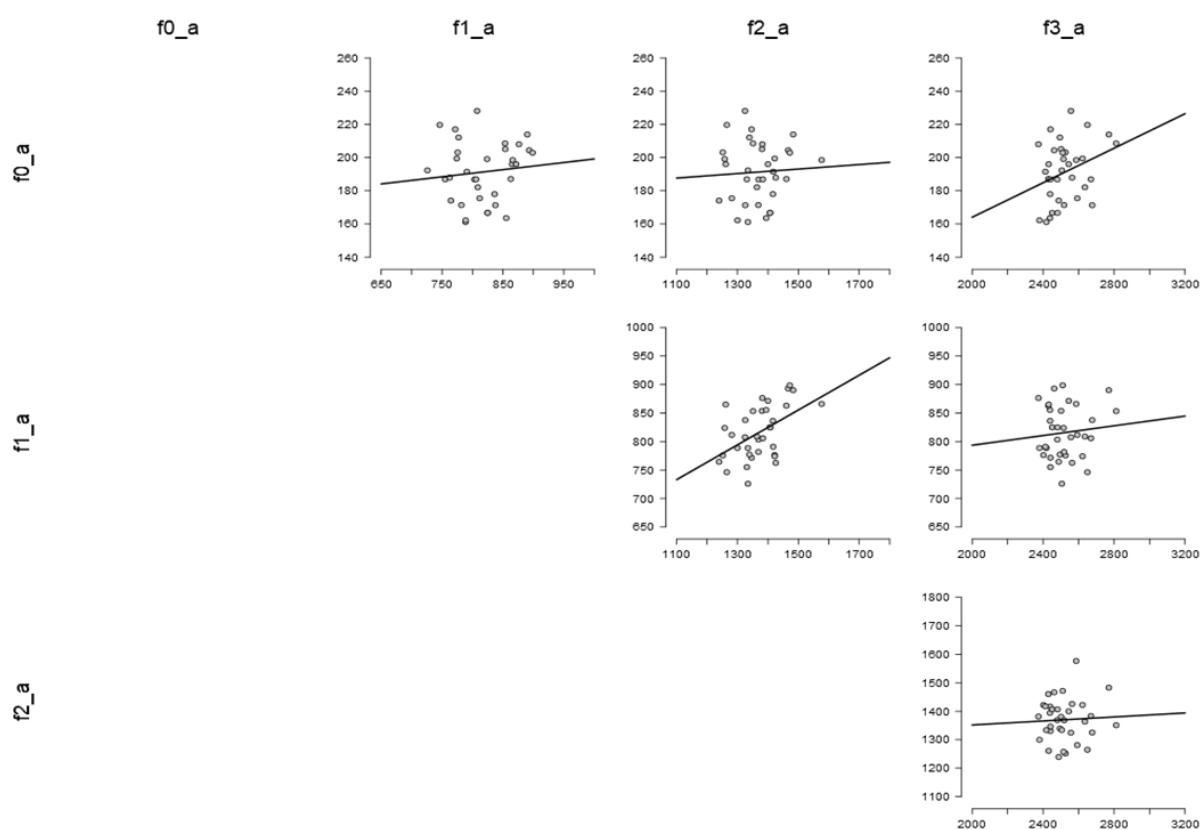


PRILOG 15. Rezultati Pearsonovih korelacija između fundamentalne frekvencije i formanata te između formanata samih kod ženskih govornika hrvatskoga jezika.

### Pearson Correlations

		f0_a	f1_a	f2_a	f3_a
f0_a	Pearson's r	—	0.111	0.057	0.305
	p-value	—	0.533	0.749	0.079
f1_a	Pearson's r		—	0.497	** 0.098
	p-value		—	0.002	0.574
f2_a	Pearson's r			—	0.050
	p-value			—	0.776
f3_a	Pearson's r				—
	p-value				—

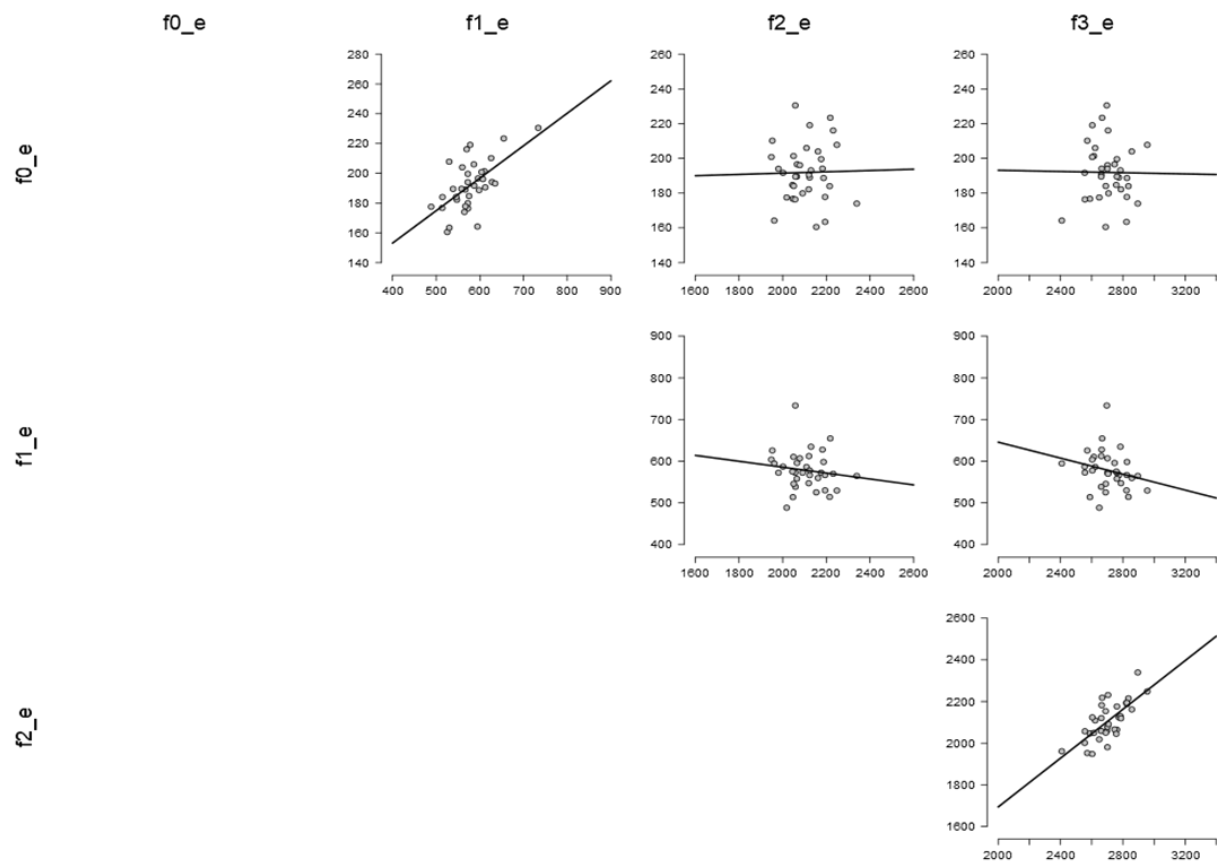
\*  $p < .05$ , \*\*  $p < .01$ , \*\*\*  $p < .001$



## Pearson Correlations

		f0_e	f1_e		f2_e	f3_e
f0_e	Pearson's r	—	0.607	***	0.021	-0.012
	p-value	—	< .001		0.906	0.946
f1_e	Pearson's r		—		-0.141	-0.233
	p-value		—		0.419	0.178
f2_e	Pearson's r				—	0.715
	p-value				—	< .001
f3_e	Pearson's r					—
	p-value					—

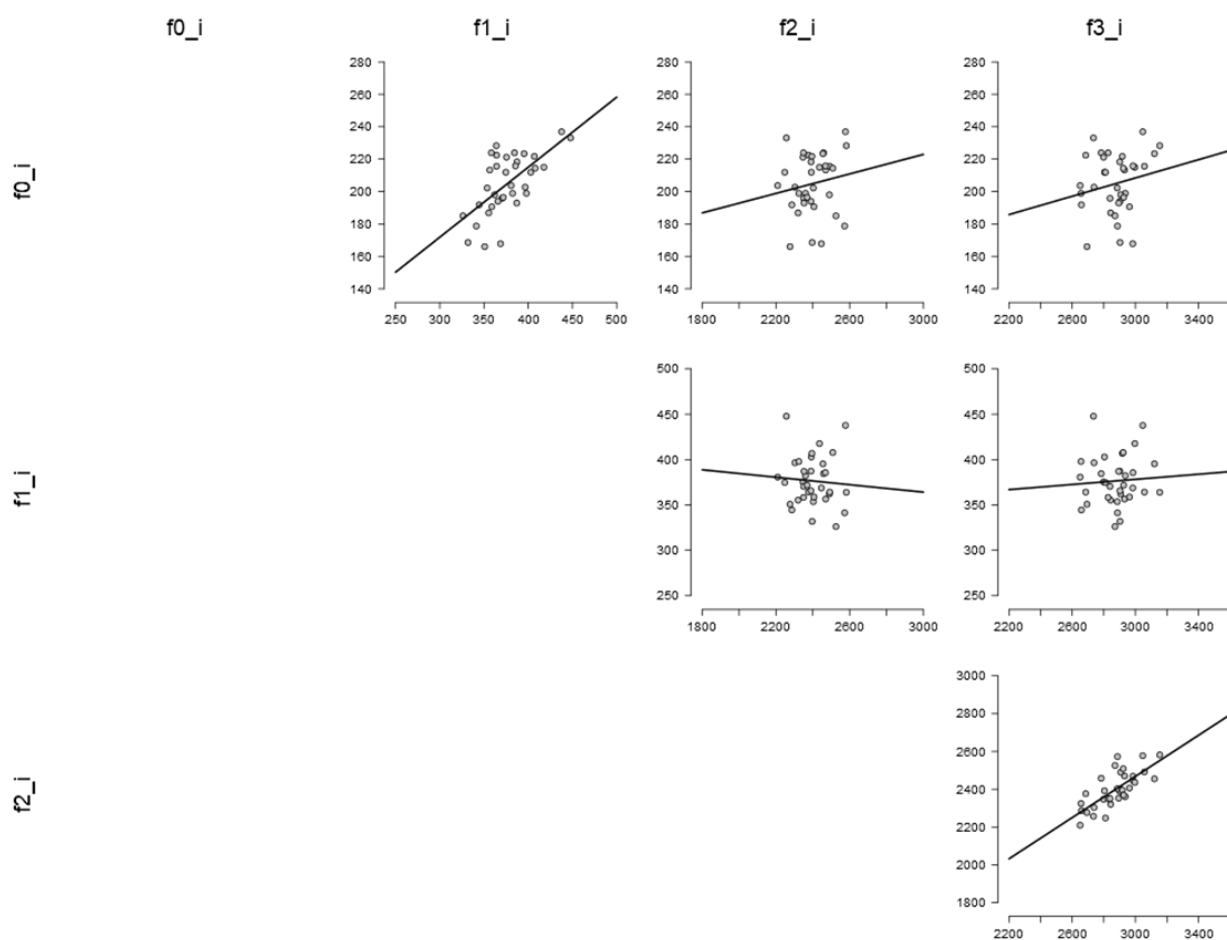
\*  $p < .05$ , \*\*  $p < .01$ , \*\*\*  $p < .001$



## Pearson Correlations

		f0_i	f1_i		f2_i	f3_i
f0_i	Pearson's r	—	0.636 ***		0.153	0.194
	p-value	—	< .001		0.379	0.265
f1_i	Pearson's r		—		-0.071	0.066
	p-value		—		0.685	0.707
f2_i	Pearson's r				—	0.733 ***
	p-value				—	< .001
f3_i	Pearson's r					—
	p-value					—

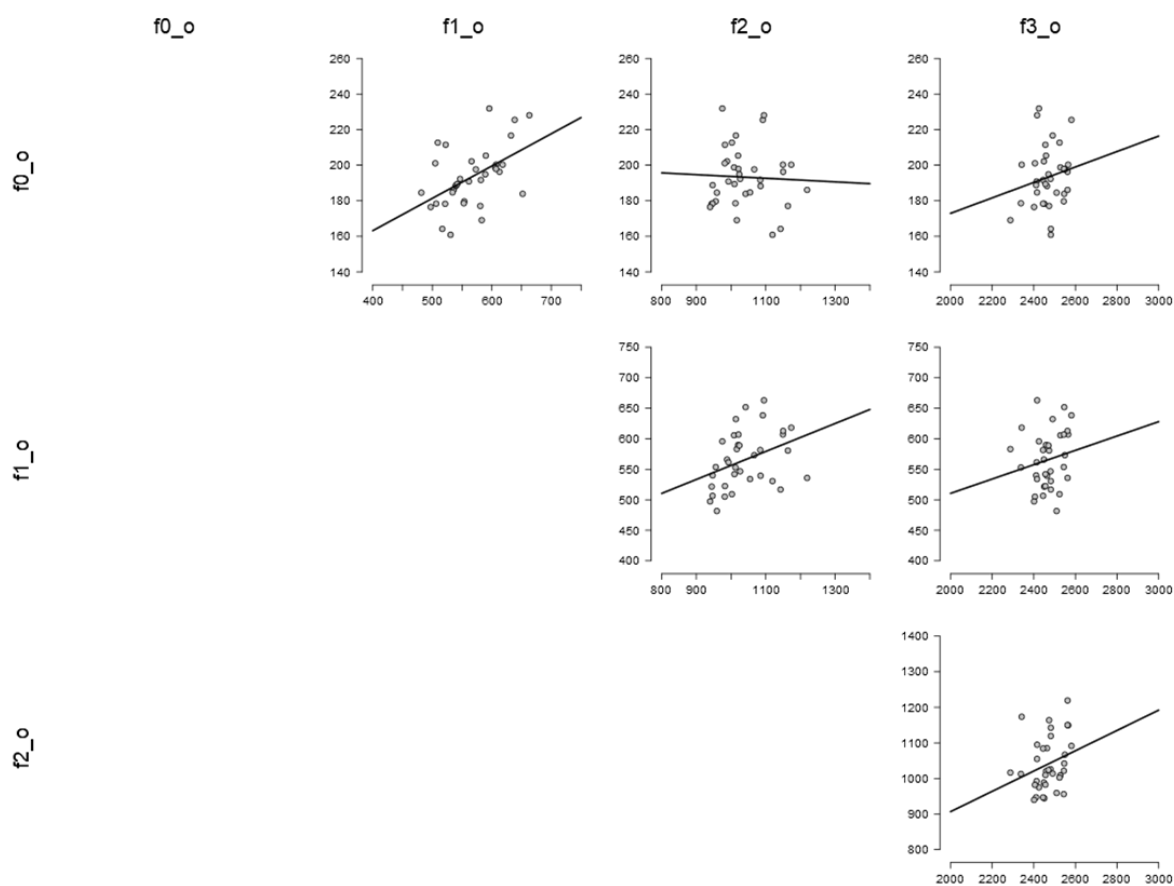
\*  $p < .05$ , \*\*  $p < .01$ , \*\*\*  $p < .001$



## Pearson Correlations

		f0_o	f1_o	f2_o	f3_o
f0_o	Pearson's r	—	0.500	** -0.045	0.178
	p-value	—	0.002	0.798	0.306
f1_o	Pearson's r		—	0.368	* 0.175
	p-value		—	0.030	0.315
f2_o	Pearson's r			—	0.265
	p-value			—	0.124
f3_o	Pearson's r				—
	p-value				—

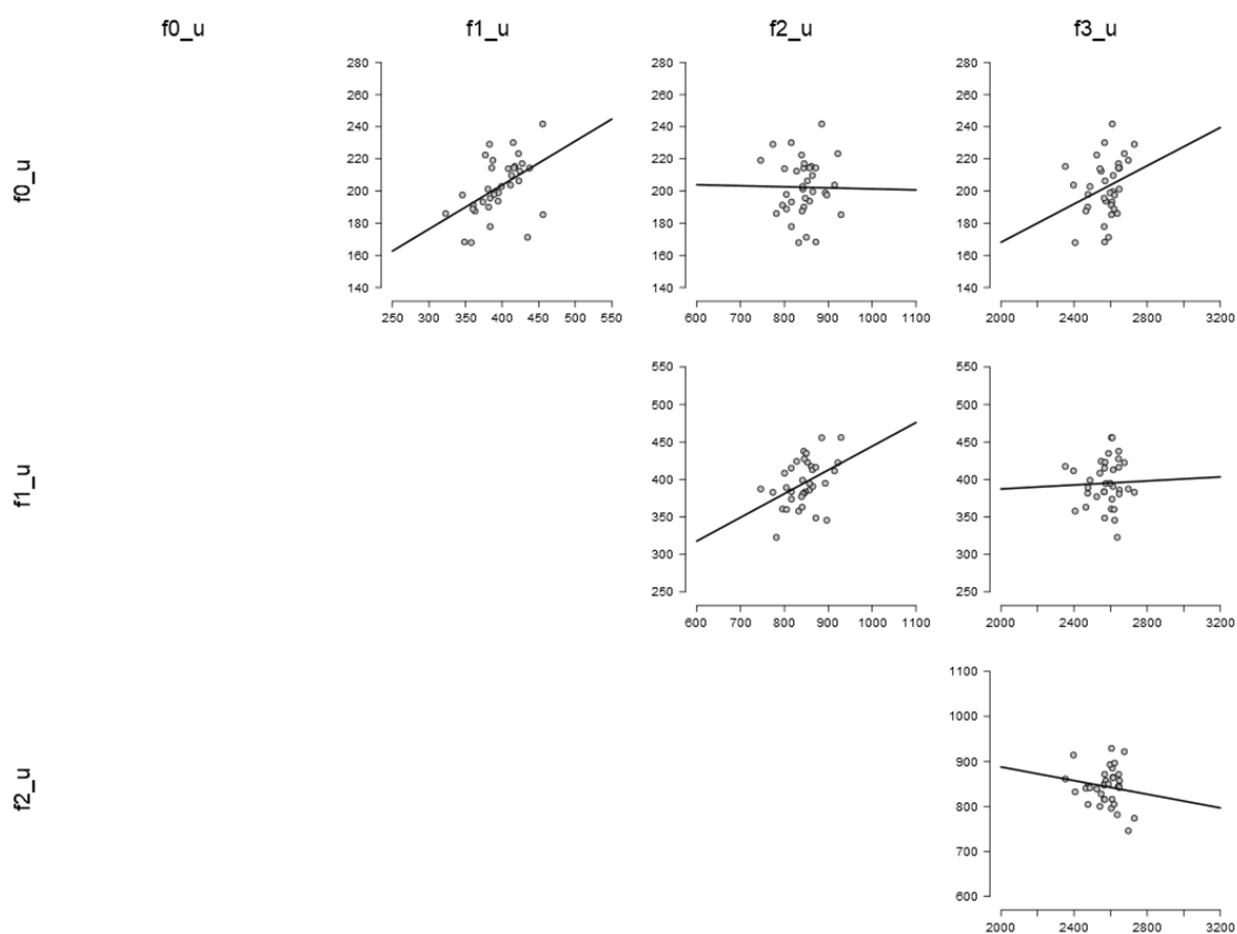
\*  $p < .05$ , \*\*  $p < .01$ , \*\*\*  $p < .001$



## Pearson Correlations

		f0_u	f1_u		f2_u	f3_u
f0_u	Pearson's r	—	0.478	**	-0.015	0.284
	p-value	—	0.004		0.933	0.098
f1_u	Pearson's r		—		0.417	* 0.037
	p-value		—		0.013	0.835
f2_u	Pearson's r				—	-0.157
	p-value				—	0.367
f3_u	Pearson's r					—
	p-value					—

\*  $p < .05$ , \*\*  $p < .01$ , \*\*\*  $p < .001$

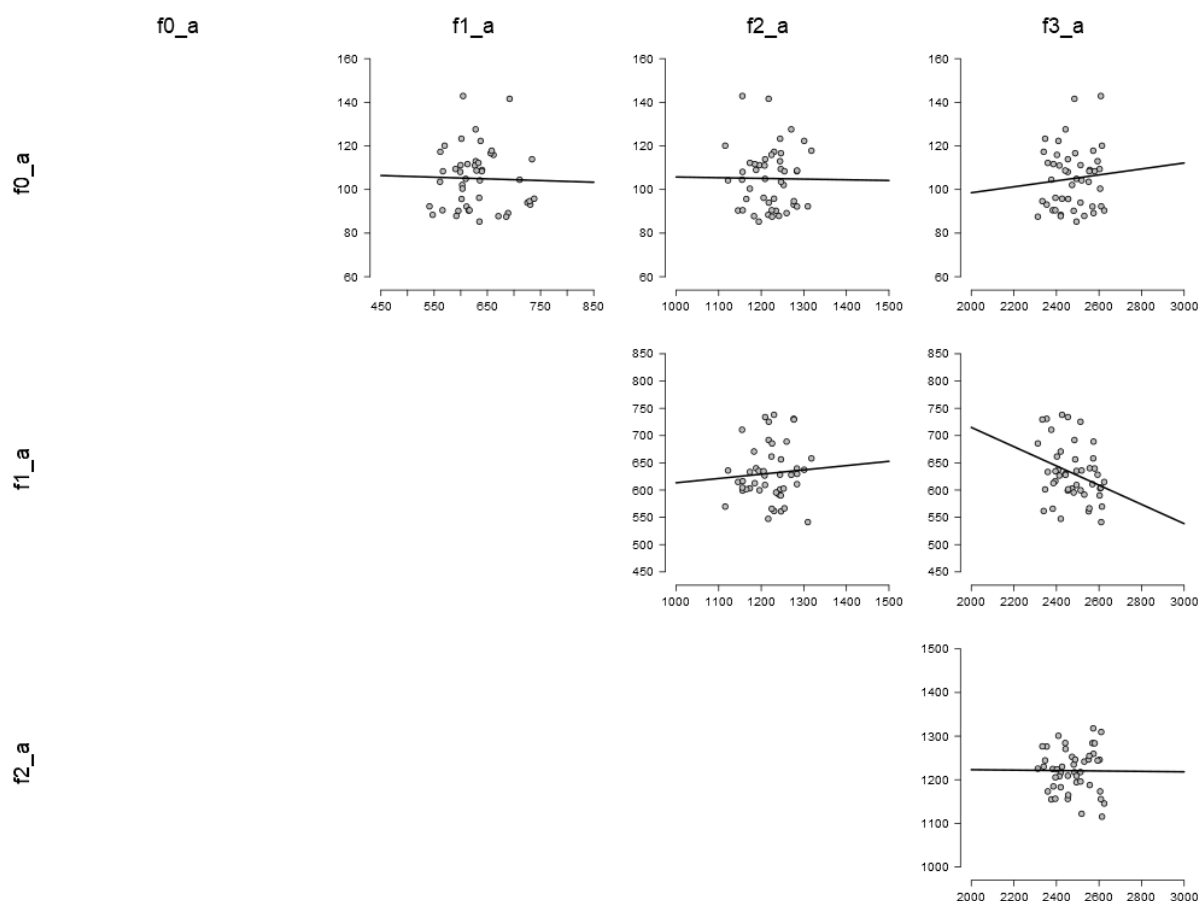


PRILOG 16. Rezultati Pearsonovih korelacija između fundamentalne frekvencije i formanata te između formanata samih kod muških govornika srpskoga jezika.

### Pearson Correlations

		f0_a	f1_a	f2_a	f3_a	
f0_a	Pearson's r	—	-0.028	-0.011	0.088	
	p-value	—	0.851	0.941	0.560	
f1_a	Pearson's r		—	0.075	-0.308	*
	p-value		—	0.621	0.038	
f2_a	Pearson's r			—	-0.009	
	p-value			—	0.954	
f3_a	Pearson's r				—	
	p-value				—	

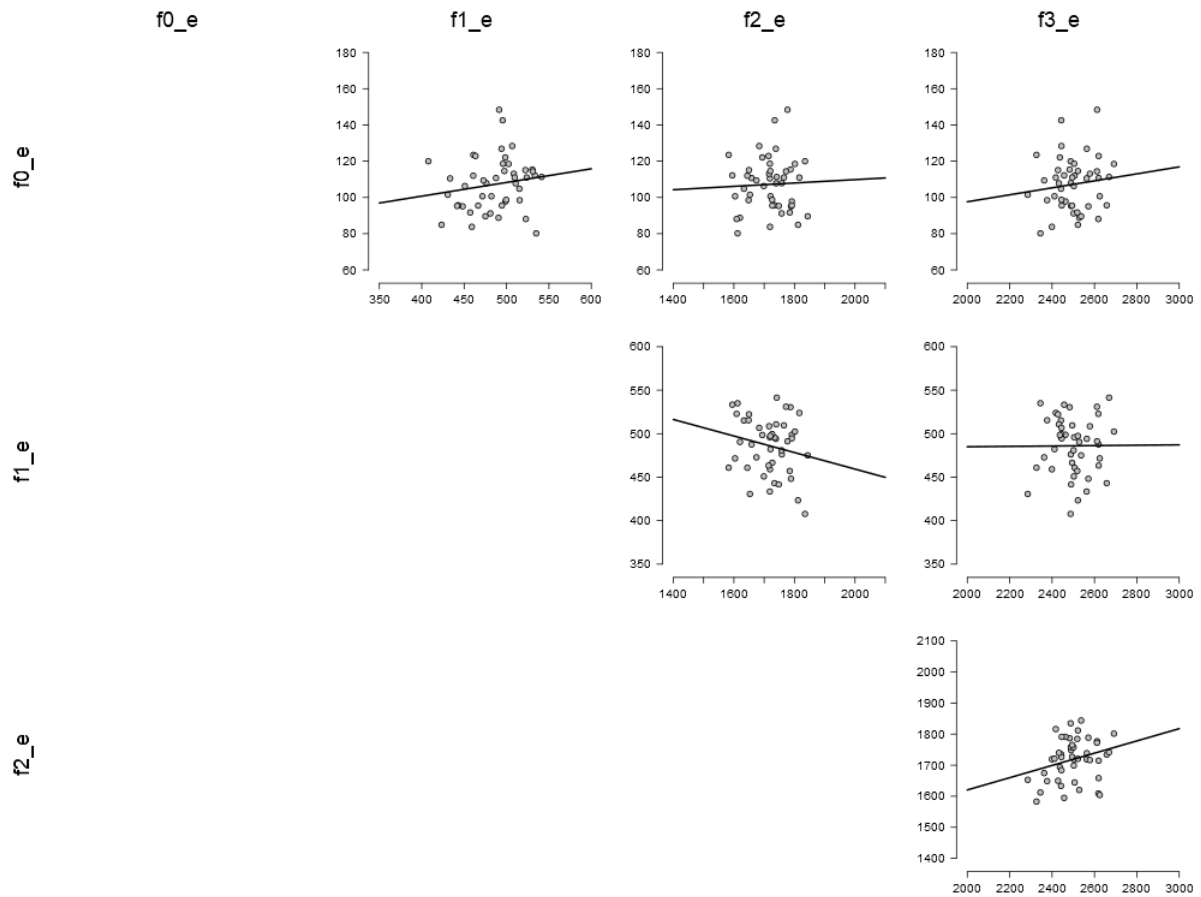
\*  $p < .05$ , \*\*  $p < .01$ , \*\*\*  $p < .001$



## Pearson Correlations

		f0_e	f1_e	f2_e	f3_e
f0_e	Pearson's r	—	0.168	0.043	0.122
	p-value	—	0.265	0.776	0.418
f1_e	Pearson's r		—	-0.199	0.006
	p-value		—	0.186	0.967
f2_e	Pearson's r			—	0.270
	p-value			—	0.070
f3_e	Pearson's r				—
	p-value				—

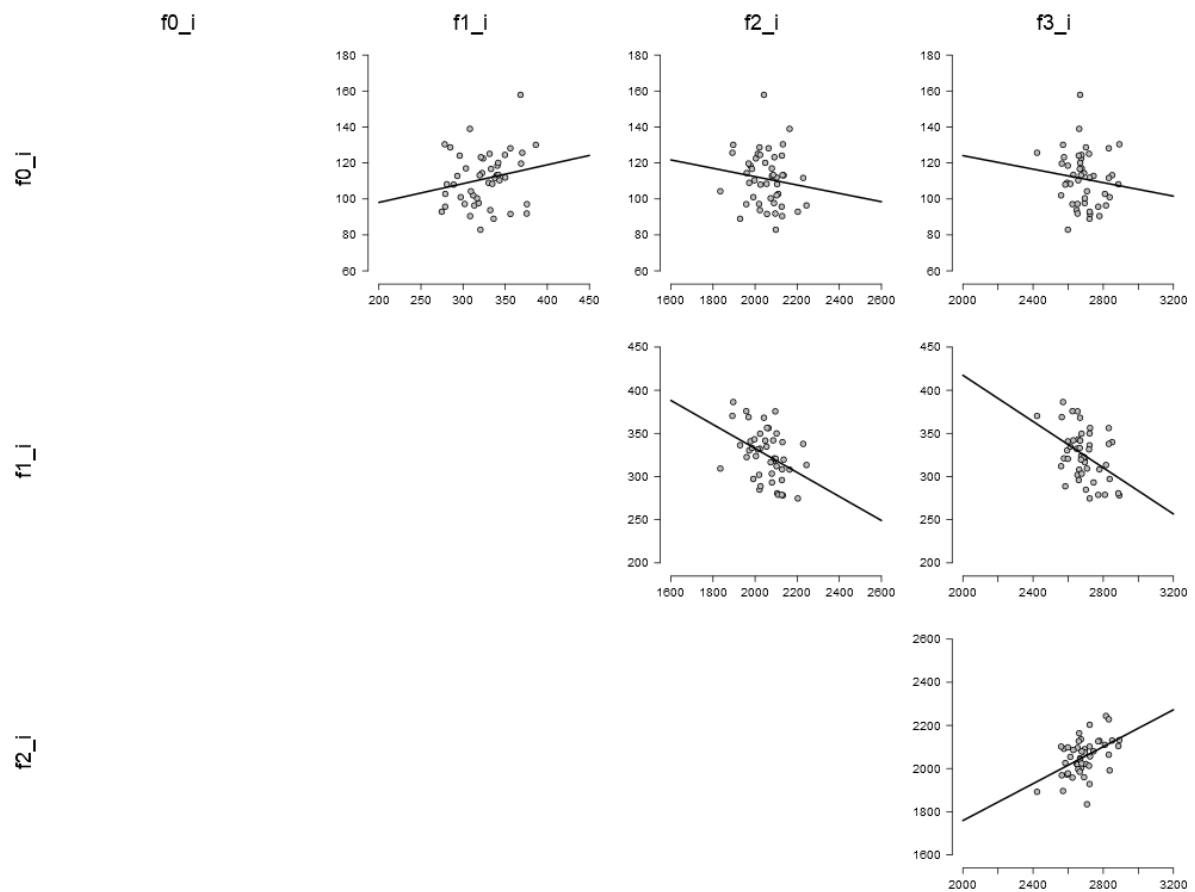
\*  $p < .05$ , \*\*  $p < .01$ , \*\*\*  $p < .001$



## Pearson Correlations

		f0_i	f1_i	f2_i	f3_i	
f0_i	Pearson's r	—	0.204	-0.132	-0.119	
	p-value	—	0.175	0.382	0.429	
f1_i	Pearson's r		—	-0.406	** -0.437	**
	p-value		—	0.005	0.002	
f2_i	Pearson's r			—	0.479	***
	p-value			—	< .001	
f3_i	Pearson's r				—	
	p-value				—	

\*  $p < .05$ , \*\*  $p < .01$ , \*\*\*  $p < .001$

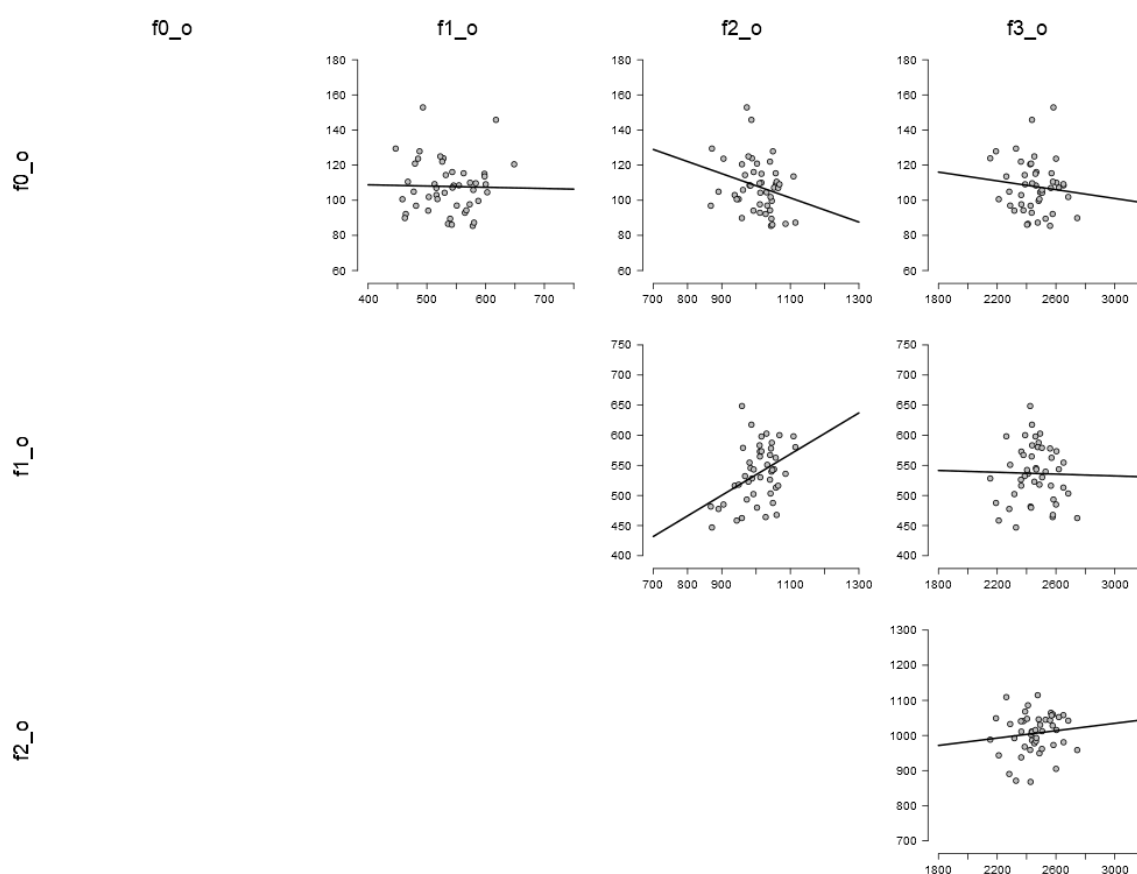




## Pearson Correlations

		f0_o	f1_o	f2_o	f3_o
f0_o	Pearson's r	—	-0.023	-0.264	-0.111
	p-value	—	0.882	0.076	0.463
f1_o	Pearson's r		—	0.408	** -0.021
	p-value		—	0.005	0.890
f2_o	Pearson's r			—	0.122
	p-value			—	0.421
f3_o	Pearson's r				—
	p-value				—

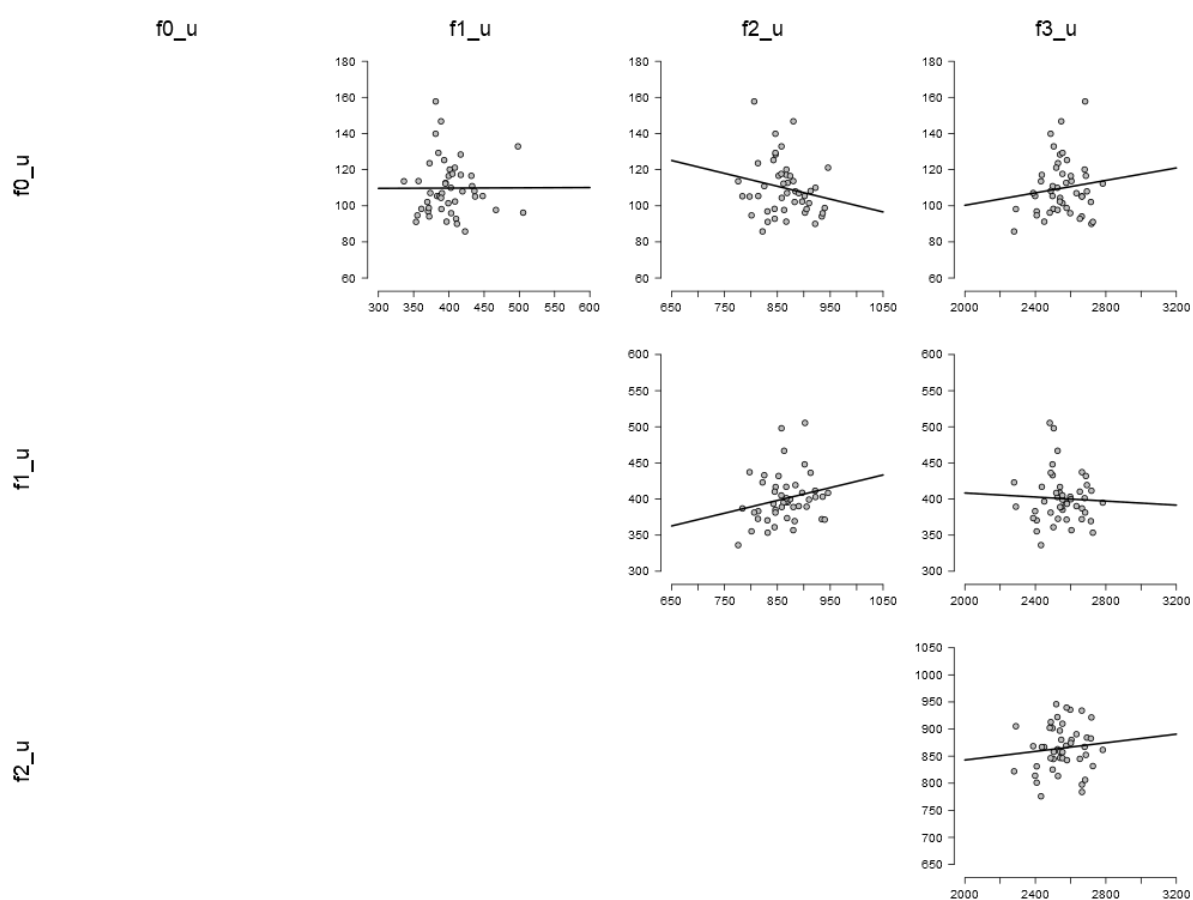
\*  $p < .05$ , \*\*  $p < .01$ , \*\*\*  $p < .001$



## Pearson Correlations

		f0_u	f1_u	f2_u	f3_u
f0_u	Pearson's r	—	0.003	-0.196	0.127
	p-value	—	0.982	0.191	0.401
f1_u	Pearson's r		—	0.218	-0.046
	p-value		—	0.146	0.760
f2_u	Pearson's r			—	0.106
	p-value			—	0.481
f3_u	Pearson's r				—
	p-value				—

\*  $p < .05$ , \*\*  $p < .01$ , \*\*\*  $p < .001$

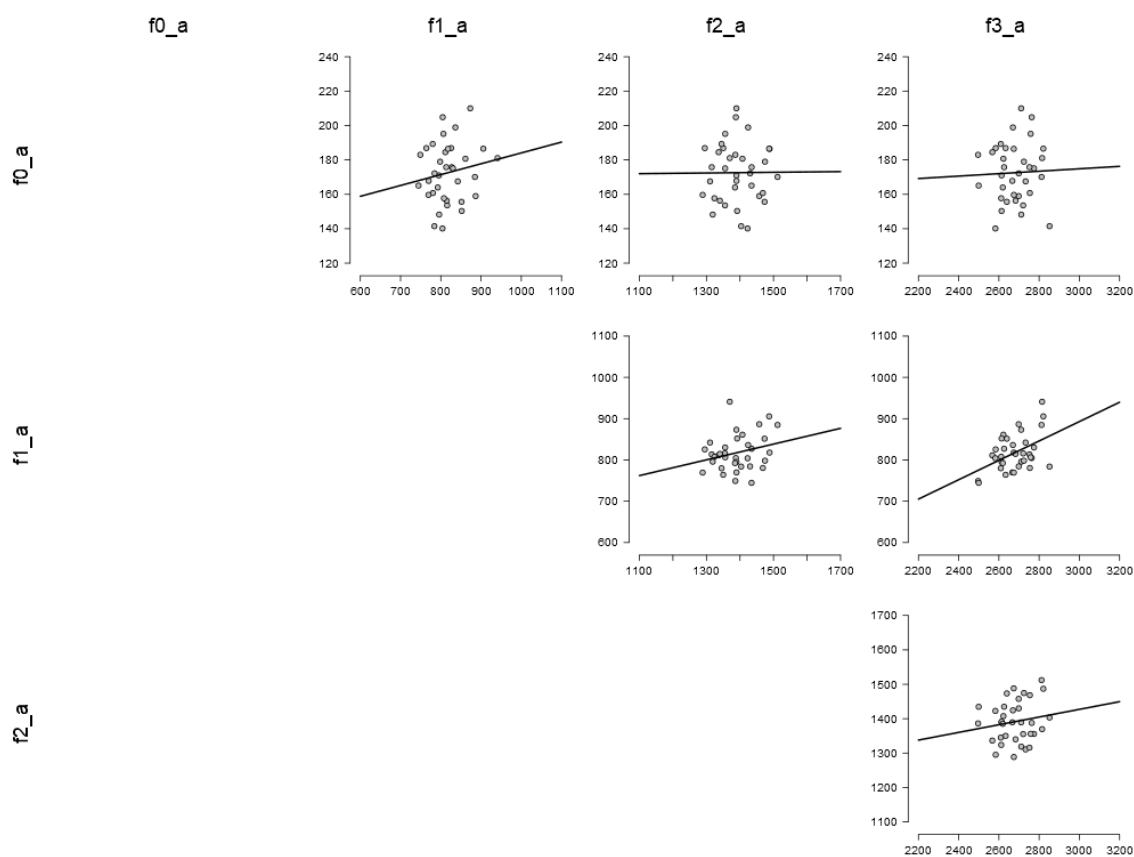


PRILOG 17. Rezultati Pearsonovih korelacija između fundamentalne frekvencije i formanata te između formanata samih kod ženskih govornika srpskoga jezika.

### Pearson Correlations

		f0_a	f1_a	f2_a	f3_a	
f0_a	Pearson's r	—	0.161	0.007	0.036	
	p-value	—	0.355	0.969	0.838	
f1_a	Pearson's r		—	0.258	0.463	**
	p-value		—	0.135	0.005	
f2_a	Pearson's r			—	0.163	
	p-value			—	0.349	
f3_a	Pearson's r				—	
	p-value				—	

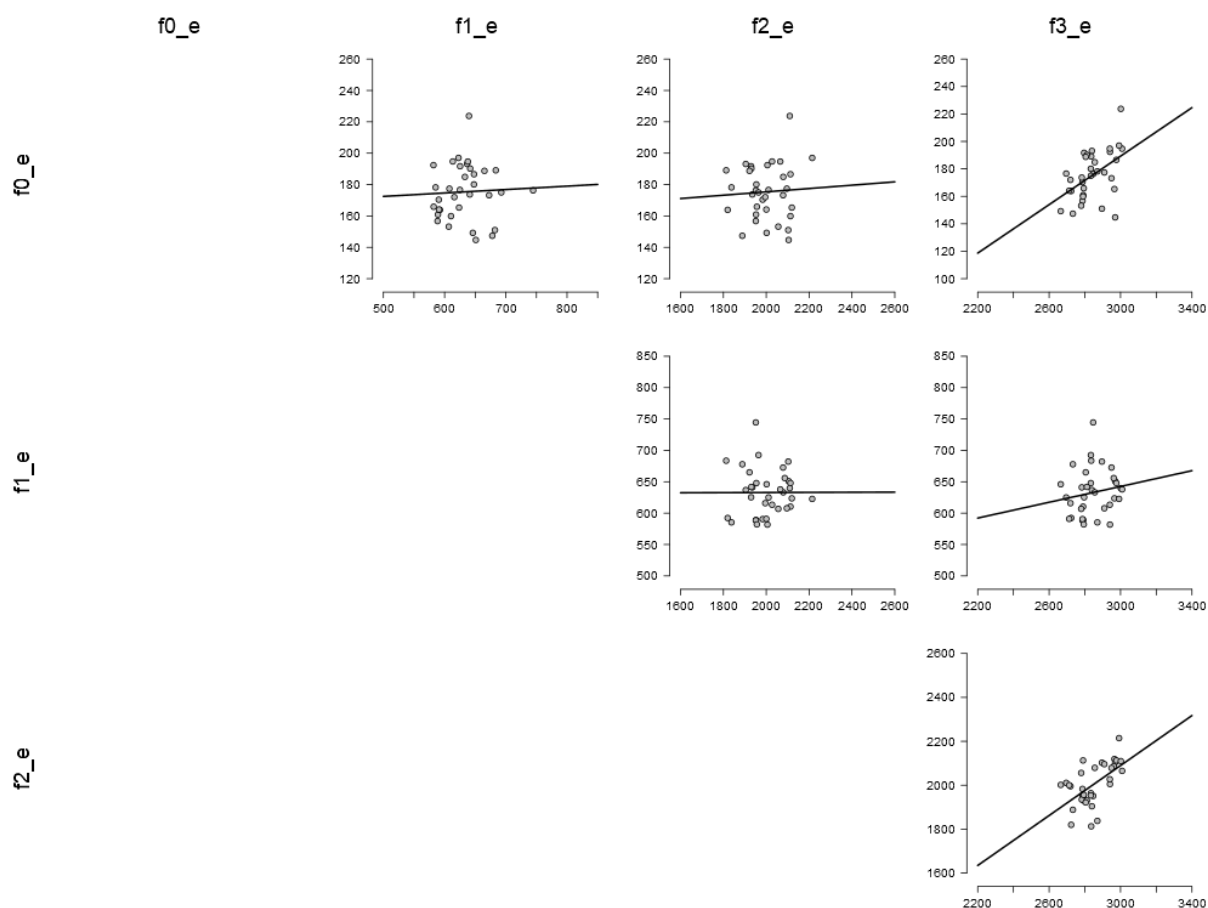
\*  $p < .05$ , \*\*  $p < .01$ , \*\*\*  $p < .001$



## Pearson Correlations

		f0_e	f1_e	f2_e	f3_e	
f0_e	Pearson's r	—	0.047	0.058	0.483	**
	p-value	—	0.793	0.745	0.004	
f1_e	Pearson's r		—	0.002	0.163	***
	p-value		—	0.989	0.348	
f2_e	Pearson's r			—	0.578	
	p-value			—	< .001	
f3_e	Pearson's r				—	
	p-value				—	

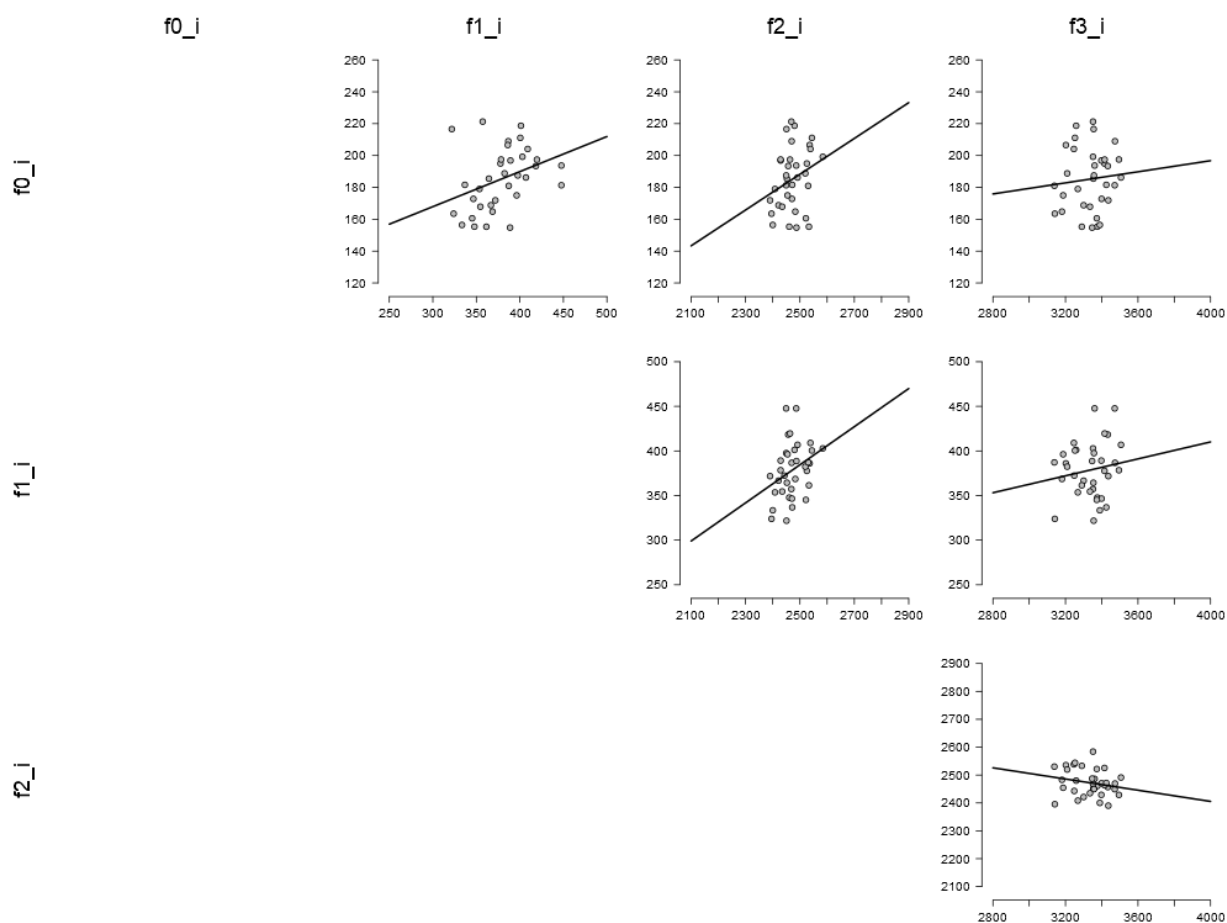
\*  $p < .05$ , \*\*  $p < .01$ , \*\*\*  $p < .001$



## Pearson Correlations

		f0_i	f1_i	f2_i	f3_i
f0_i	Pearson's r	—	0.357 *	0.274	0.090
	p-value	—	0.038	0.117	0.613
f1_i	Pearson's r		—	0.323	0.153
	p-value		—	0.058	0.380
f2_i	Pearson's r			—	-0.214
	p-value			—	0.216
f3_i	Pearson's r				—
	p-value				—

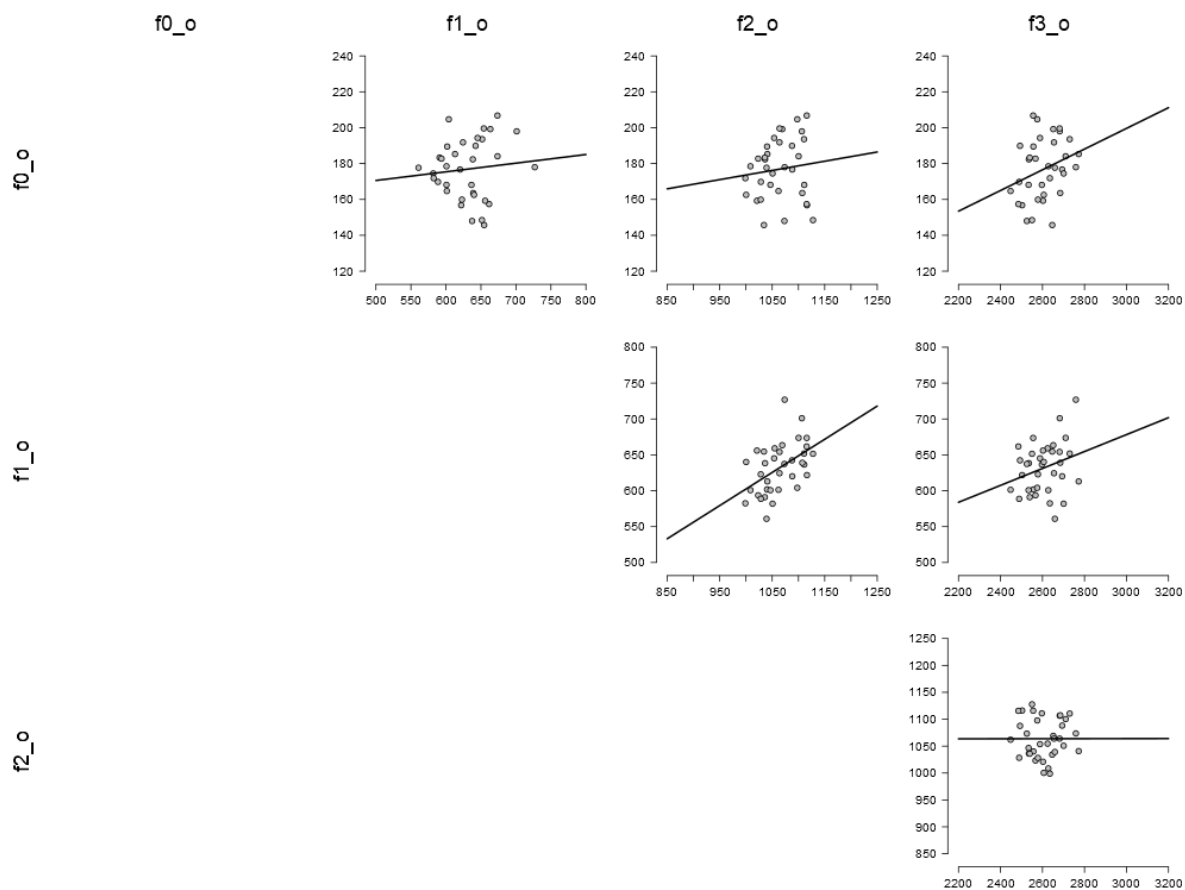
\*  $p < .05$ , \*\*  $p < .01$ , \*\*\*  $p < .001$



## Pearson Correlations

		f0_o	f1_o	f2_o	f3_o
f0_o	Pearson's r	—	0.103	0.115	0.289
	p-value	—	0.562	0.519	0.098
f1_o	Pearson's r		—	0.479 **	0.274
	p-value		—	0.004	0.112
f2_o	Pearson's r			—	0.001
	p-value			—	0.995
f3_o	Pearson's r				—
	p-value				—

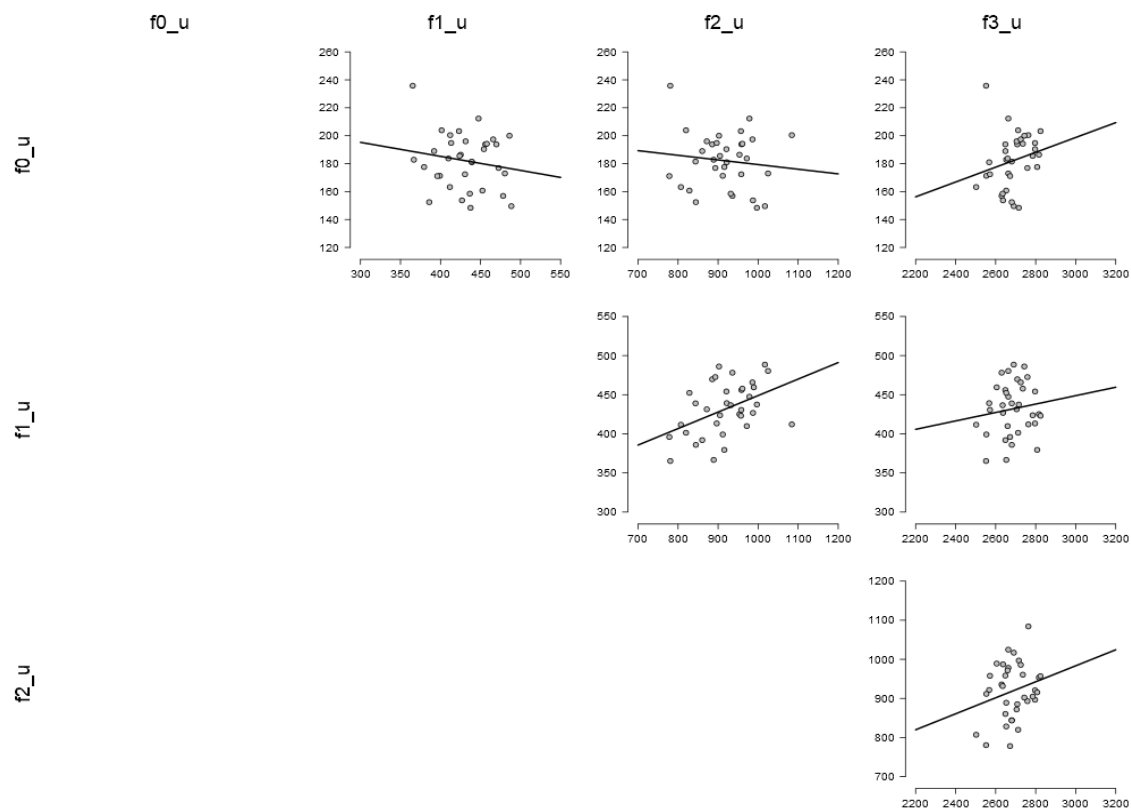
\*  $p < .05$ , \*\*  $p < .01$ , \*\*\*  $p < .001$



## Pearson Correlations

		f0_u	f1_u	f2_u	f3_u
f0_u	Pearson's r	—	-0.172	-0.120	0.218
	p-value	—	0.331	0.500	0.215
f1_u	Pearson's r		—	0.447	** 0.130
	p-value		—	0.007	0.457
f2_u	Pearson's r			—	0.233
	p-value			—	0.178
f3_u	Pearson's r				—
	p-value				—

\*  $p < .05$ , \*\*  $p < .01$ , \*\*\*  $p < .001$



## ŽIVOTOPIS

Iva Bašić rođena je 8. veljače 1988. g. u Zagrebu, gdje je završila osnovnu školu i gimnaziju općega smjera. Preddiplomski studij fonetike i opće lingvistike na Filozofskom fakultetu u Zagrebu završila je 2009., a 2011. diplomirala je na diplomskom studiju, na dvama modulima opće lingvistike (primijenjena i opća lingvistika) te na dvama modulima fonetike (rehabilitacija govora i slušanja te znanstveno usmjerenje). Na preddiplomskom studiju bila je demonstratorica Odsjeka za fonetiku, a 2009. dobila je Rektorovu nagradu. Na diplomskom studiju primala je stipendiju Grada Zagreba.

Od lipnja 2012. g. zaposlena je na Odsjeku za fonetiku kao znanstvena novakinja - asistentica na Katedri za estetsku fonetiku i ortoepiju hrvatskoga jezika te kao suradnica na znanstvenom projektu *Forenzična fonetika: slušno prepoznavanje i zvučna analiza glasova* (130-0000000-0786) voditeljice prof. dr. sc. G. Varošaneć-Škarić. Sudjelovala je na šest manjih projekata Sveučilišta u Zagrebu (2013.-2018.). Poslijediplomski doktorski studij lingvistike upisala je 2012. g., a sve obveze na studiju izvršila je 2014. s prosjekom ocjena 4,8.

Na Odsjeku za fonetiku sudjeluje u izvođenju preddiplomske i diplomske nastave na kolegijima *Ortoepija hrvatskoga jezika I + govorne vježbe*, *Metodika fonetske njege glasa i izgovora – individualni pristup* i *Neverbalna komunikacija*. U okviru djelatnosti Odjela za fonetiku HFD-a, čija je članica od 2013. g., sudjelovala je kao mentorica na 40. govorničkoj školi „Ivo Škarić“ za darovite srednjoškolce. U prosincu 2014. bila je na stručnom usavršavanju u Yorku u forenzičkome fonetskom laboratoriju *JP French Associates* pod mentorstvom prof. P. Frencha, na *Sveučilištu u Yorku* u forenzičkom laboratoriju te u policijskom forenzičkom laboratoriju *Metropolitan Police London*. Sudjelovala je na 10-ak međunarodnih i domaćih konferencija. Objavila je pet izvornih znanstvenih radova i četiri stručna. Održala je dva javna predavanja, u listopadu 2017. g. u Zagrebačkome lingvističkom krugu te u travnju 2018. g. na Filozofskom fakultetu u Zagrebu, povodom Svjetskog dana glasa.



## POPIS JAVNO OBJAVLJENIH RADOVA

### Znanstveni radovi

- 1) Biočina, Z., Varošaneć-Škarić, G. i Bašić, I. (2018). Prozodijski sustav Praznica. // *Fluminensia*, 30, 1, 103-126. Izvorni znanstveni rad.
- 2) Sokolić, N., Grković, D. i Pavić, I. (2016). Barselona ili Barfelona? // *Zbornik radova s međunarodnoga znanstvenog skupa HDPL-a: Metodologija i primjena lingvističkih istraživanja* / Udier, S. L., Cergol Kovačević, K. (ur.). Zagreb: Srednja Europa, 409-425. Izvorni znanstveni rad.
- 3) Varošaneć-Škarić, G., Bašić, I. (2015). Acoustic characteristics of Croatian cardinal vowel formants (F1, F2 and F3) // *5th International Conference on Fundamental and Applied Aspects of Speech and Language* / Sovilj, M., Subotić, M. (ur.). Beograd: Centar za unapređenje životnih aktivnosti i Institut za eksperimentalnu fonetiku i patologiju govora - Đorđe Kostić, 41-49. Izvorni znanstveni rad.
- 4) Pavić, I., Grković, D., Sokolić, N. (2015). Ortoepska prilagodba španjolskih imena u hrvatskom jeziku // *Zbornik radova s međunarodnoga znanstvenog skupa HDPL-a: Višejezičnost kao predmet multidisciplinarnih istraživanja* / Udier, S. L., Cergol Kovačević, K. (ur.). Zagreb : Srednja Europa, 571-582. Prethodno priopćenje.
- 5) Varošaneć-Škarić, G., Pavić, I., Kišiček, G. (2014). Indeksi sličnosti i različitosti kod govornika hrvatskoga jezika u nefiltriranim i filtriranim uvjetima. // *Suvremena lingvistika*, 40, 1, 61-76. Izvorni znanstveni rad.

### Stručni radovi

- 1) Bašić, I. i Grković, D. (2017). Naglašavanje posuđenica iz španjolskoga jezika u hrvatskim rječnicima // *Govor: časopis za fonetiku*, 34, 1, 71-90. Stručni rad.
- 2) Bašić, I. (2017). XXXI. međunarodni znanstveni skup HDPL-a "Jezik i njegovi učinci" // *Govor: časopis za fonetiku*, XXXIV, 1, 95-98. Prikaz.
- 3) Varošaneć-Škarić, G. i Pavić, I. (2016). Problem ćirilice u Vukovaru kroz prizmu suvremene retorike // *Zbornik radova šestoga hrvatskoga slavističkoga kongresa* / Botica, S., Nikolić, D., Tomašić, J., Vidović Bolt, I. (ur.). Zagreb: Redak d.o.o., 203-212. Stručni rad.
- 4) Pavić, I. (2012). Prikaz knjige Douglasa Couplanda Marshall McLuhan: Nimate vi pojma o mojemu djelu! // *Govor: časopis za fonetiku*, XXIX, 2, 187-191. Prikaz knjige.